

構成

第1章 生命体仮説

第1節 前提

第2節 生命体における制御

第2章 免疫防災システム

第1節 生命体の単純化免疫システム

第2節 免疫防災システムへのアナロジー

第3章 事例的考察

第1章 阪神淡路大震災

第2章 東日本大震災

第4章 免疫防災システムの本質

参考文献

以下本文

第1章 生命体仮説

第1節 前提

複数個（一般には多数）の要素からなるシステム（日本語の「系」に対応するが、以下本書では「システム」と記す）を考えると、自然界は人工的なものを含めて多重多層のシステム—要素の関係によって構成されている。たとえば、一つの都市又は地域を生命体的な視点からみれば、その主たる要素は数多くの生きた人間であり、同時に一人の人間も数多くの生きた細胞から成り立っている。

地震防災といえば先ず都市防災や防災行政としてひと括りに論じられるが、都市の要素であり生活を行っている人間の被害に焦点を当てることは、防災の基本であり起点となることはいうまでもない。

人間防災に視点を移し、上記のシステム構成を敷衍するならば、おのずと細胞防災に興味が行く。何十億年にわたり生存と進化を続けてきた生物の仕組みは人知を超えているが、それだけに我々の生活に有意義な知見に満ちていることは想像に難くない。

人間社会を含めた自然界は、複雑系でありフラクタル構造（自己相似系）を有し、横軸にスケールの対数をとって横軸に分布や頻度の対数をとると、図1のような右下がりの傾向

(べき乗法則)を示すことが、多くの事例によって明らかにされている(例えば[1])。多少強引ではあるが直感的な分かり易さを意図し、上記の都市、人間、細胞の関係を図1にプロットしてみた。

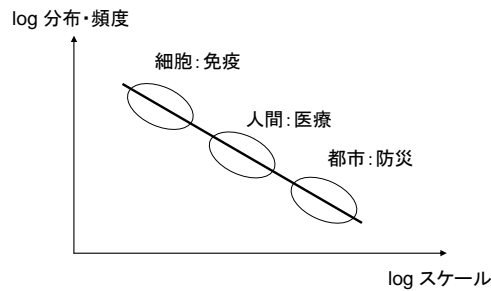


図1 都市・人間・細胞のスケール分布

生命体の防災の観点からは、生命を尊ぶ熱い心と想いを抱くならば、都市又は地域は防災、人間は医療、細胞は免疫に各々対応するのではないか、というのが本章での大前提であり、仮説である。

第2節 生命体における制御

生命体の制御の仕組みについて細胞の免疫を主とすれば、概略図2のように位置づけられる。(文献[2]を参考)

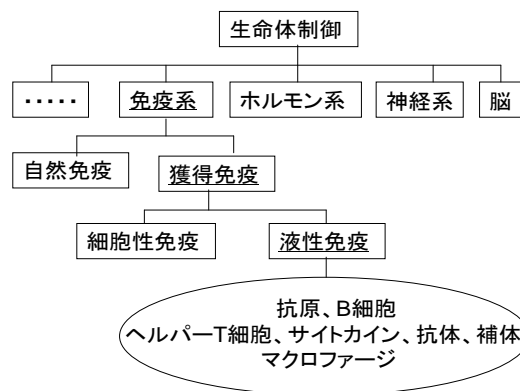


図2 生命体制御の階層図

大掛かりな制御系としては情報伝達手段で分類すれば、神経細胞間の電気的パルスによる神経系、各種の臓器間を化学物質で伝えるホルモン系、そして細胞や遺伝子レベルで行う免疫系などが挙げられる。抗原(生命体にとって異物であり、細胞に危害を加える細菌

- ① 複雑系ネットワーク
- ② マルチエージェントシステム
- ③ 連鎖系
- ④ カスケード

などが対応するであろう。

免疫システムとして有する特性は次のようなものである。

- ① 多様性 (淘汰、交叉、突然変異)
- ② 分業性 (自律分散、適応性)
- ③ 補充性 (増殖)
- ④ 進化性
- ⑤ ユビキタス性

上記は文献[5]からヒントを得ているが、ここでは、進化とユビキタスの追加を行っており、防災時に免疫の特性を発揮させるのに不可欠の特性となる。

第2節 免疫防災システムへのアナロジー

システムとしての特性が変わらないように図3を地震防災に置換したのが図4の免疫防災システムである[3]。

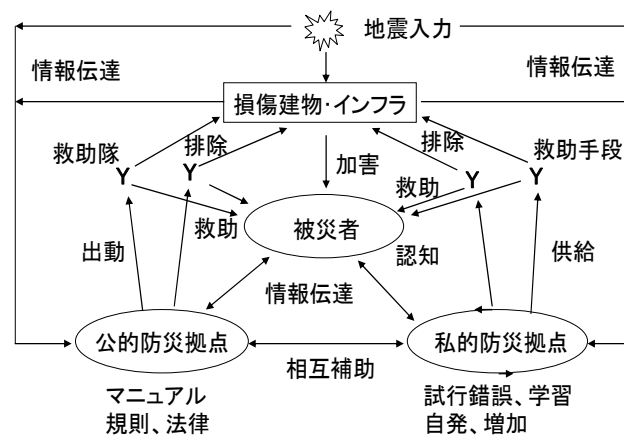


図4 免疫防災システム

多少意識もあるが、以下の置き換えを行った。

- ① 抗原→地震入力
- ② 捕捉リンパ系細胞→建物・インフラ被害、人間被害

- ③ 抗体→救助隊、救助手段
- ④ 抗体産生細胞→私的防災拠点
- ⑤ 記憶細胞→公的防災拠点

さらに、図 4 では、最新の情報通信技術を活用し、被災者のみならず地震入力や損傷建物・インフラからも情報発信がなされるものとし、被災者については双方向の情報伝達が可能としている。図 3 では抗体は抗原にのみ対抗するが、図 4 では人間被害にも救助に向かうことになる。なお、図 3 の記憶細胞については、過去の震災時に学習し効率のよい救助手段が制度化されているような公的防災拠点とした。対して抗体産生細胞は、千変万化の人間被害様相に応じて随時適切な救助手段を選定し発動できる私的防災拠点とした。

第 3 章 事例的考察

第 1 節 阪神淡路大震災

(a)震災概要

1995 年兵庫県南部地震(気象庁マグニチュード Mj7.3)は耐震化された近代都市を未明に襲った直下型地震である。空前の被害を生じた痛ましい出来事であり、阪神淡路大震災として深く歴史に刻まれている。都市直下型大地震被害としての大きな特色は、都市がシステムとしてさらに形容すればあたかも生命体として傷つき苦しみのた打ち回る様相であり、硬直化した従来の機械的な対処法は殆ど無力であることを示した[6]。

被災地の神戸市は筆者の現役時代の大学の所在地であり、筆者自身も業務上では被災者の一員として震災の渦中にあつたことを先ず断っておきたい。

図 3 の記憶細胞すなわち図 4 の公的防災拠点(首相官邸、兵庫県、神戸市、消防署など)も予想外の被害に地震直後にその甚大さの認識も不十分で、初動態勢としての救助隊の派遣や物資の輸送などは、準備不足や横長の都市形態、道路閉塞などのため極めて効率の悪いものであった。特に(木造密集地帯の)老朽化住宅の倒壊と火災が大惨事を招いたことは記憶に新しい。想定外の規模であり道路閉塞もあり、消防署や消防車などの公的防災拠点はなす術もなかった。生命体の過度の火傷には私的防災拠点の出番はなかった。

想定外の大震災ということで、震災復旧や復興への制度化や法的整備の対応が至らず極めて不十分だったことであるが、公的防災拠点としての限界を露呈したともいえよう。しかし本震災を教訓にして世論の後押しもあり、その後の震災に対しては行政の対応が進み、法的整備も図られるようになったのは喜ばしいことである。

一方、図3の抗体産生細胞すなわち図4の私的防災拠点からは、ケースバイケース、TPO、臨機応変、などなど想定外の救助活動が地道な成果を挙げ、さらにその後の防災対策に生かされている例があった。代表的な事例としてボランティア活動とインターネットについて考察を加えてみよう。検討手順は以下の必須条件に従う。

- I 図4免疫防災システムへの適合性
- II 複雑系ネットワーク、マルチエージェントシステムへの適合性
- III 多様性、分業性、補充性、進化性、ユビキタス性への適合性

(b) 近隣住民のネットワーク

木造住宅の倒壊が多数の犠牲者を出したことは先にも触れたが、木造であったことが幸いし家族をはじめ近隣住民のネットワークの力によって倒壊家屋の下から救助されたケースが極めて多かった。

- I 家族及び近隣住民は図3の抗体産生細胞すなわち図4の私的防災拠点であった。
- II 彼らは自発的かつ自律的な救済行動をとり、マルチエージェントシステムのエージェントであった。
- III 倒壊木造住宅の場合、当初近隣住民に救助された人の数は、最終的な段階における消防団のような公的防災拠点による救出者よりもはるかに多かった。

被災後の木造密集地帯の再開発計画においても、震災以前から近隣住民の自治会などの活発な地区では建設的な話し合いや合意形成が進んだのは、近隣住民のネットワークの進化性を示している。

(c) ボランティア活動

日本の若者の純粋な勇気と行動力が国際的に評価されたのが、全くの予想外になされたボランティア活動であった。

- I 可能性を秘めた若者集団は図3の抗体産生細胞すなわち図4の私的防災拠点であった。
- II 彼らは誰からも指図されず全くの自発的自律的な救済行動をとり、マルチエージェントシステムのエージェントであった。
- III 多様性、分業性、ユビキタス性については、当時の朝日新聞（朝刊、夕刊、1995. 1. 17. ~2. 3. ）から抜粋した下記のボランティア活動内容を一覧すれば明らかである。

・衣食住生活関係：水、食料の供与と運搬、衣料、生活物資などの供与と運搬

義援金、部屋や寮の貸与、食料品の無料販売、自転車の供与

- ・生命、健康関係：献血、医療、災害救助隊（人、犬）、浴室の解放
- ・弱者救済：老人、身障者補助、里親、遺骨預かり
- ・情報関係：無線、かわら版、パソコン通信ネットワーク、通訳、寺子屋
- ・娯楽関係：大道芸、映画

さらに補充性、進化性などについては、同じく上記新聞から抜粋したボランティア活動の発生と組織化の過程を辿れば明らかである。

- ・1月20日 肉親、友人、知人による供与、運搬
- ・1月21日 健脚の若者による供与、運搬
- ・1月24日 特殊技能者（看護師、被害調査専門家など）既存市民グループの立ち上がり
- ・1月25日 各種ボランティア活動のスクラム化（NGO）
- ・1月30日 専門知識、特技を有するボランティア市民団体の活動（平和団体、海外難民救助、自然保護、宗教、など）
- ・1月31日 役所の公的窓口を借りたボランティア登録の受付、指示
- ・2月1日 外国の災害特別救助隊の活動
- ・2月3日 各種ボランティア協会結成、独自の事務所の開設

大きな流れとしては、個人→団体→組織、血縁→地縁→海外、私的→公的→制度の方向にあることが分かる。

その後のボランティア活動においても、各地域や自治体によって大災害時に呼び掛けを行うシステムが確立され、多くのNPOの立ち上げも見られ、その後の震災時にも実際に活用されていることは、マスコミ報道などによってよく知られている。

(d)インターネット

当時は官庁、大学、大企業などに使用され始めたばかりでまだ一般には普及していなかったが、思いがけない効果を発揮したのが個人のパーソナルコンピュータ（以下PC）とそれらを繋ぐインターネット通信網であった。

- I 可能性を秘めたインターネットのPCは図4の抗体産生細胞であった。
- II 当時は神戸市立外国語大学から発信された震災速報に対し、国内よりも海外からの反響の方が大きかったことが日本経済新聞（夕刊、1995. 3. 8.）に報じられている。し

かし、そのときに掲載された神戸や我が国におけるインターネット通信網（図 5 参照）は官庁的な階層構造をなしていた。その意味で、複雑系ネットワークやマルチエージェントシステムと称することは出来ないが、その先進国のアメリカや国際的な規模で見れば既にネットワークを形成していた。

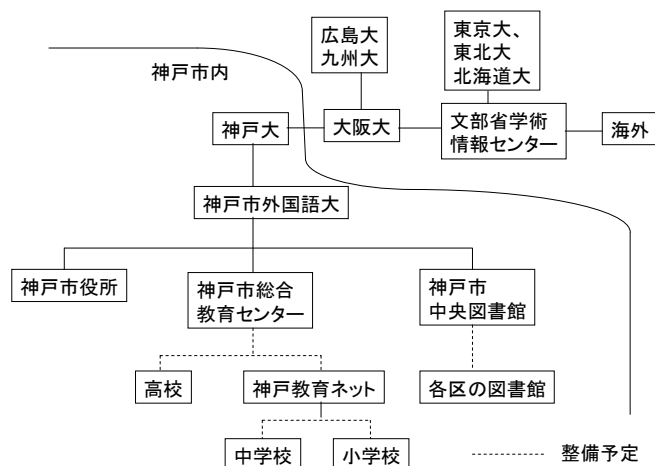


図 5 震災当時の神戸市のインターネット図

III その後のインターネットの普及振りが、多様性、分業性、補充性、進化性、ユビキタス性を満たすことは周知のとおりである。個人間通信のみならず、地震関連でも伝言版など多くのサイトが自発的に立ち上げられ、その後の地震時に大いに活用されている。

本大震災後約 10 年を経て、有線通信においては光ケーブルにより大量高速情報伝達が可能になり、PC 通信のみならず電話、ケーブルテレビなども包含し、ブロードバンド化されてきた。さらに、電波環境も整い、驚異的な携帯電話の普及がみられ、また、人工衛星を使ったテレビ放送や緊急地震速報なども可能になった。まさに、サイバースペースが地球を覆うようになった。センサ付無線 IC タグの出現はユビキタスに配置されつつある地震計とあいまって、地震動や建物の揺れや損傷、被災者情報などをサイバースペース（電脳空間）へ組み込むことを可能とし、今後の地震防災への貢献性は計り知れない。図 3 から図 4 への置き換えで追記した地震動や、損傷建物・インフラからの情報発信や被災弱者との双方向通信などが可能となる。地震防災空間としてのサイバースペースの概念図を図 6 に示す[7]。

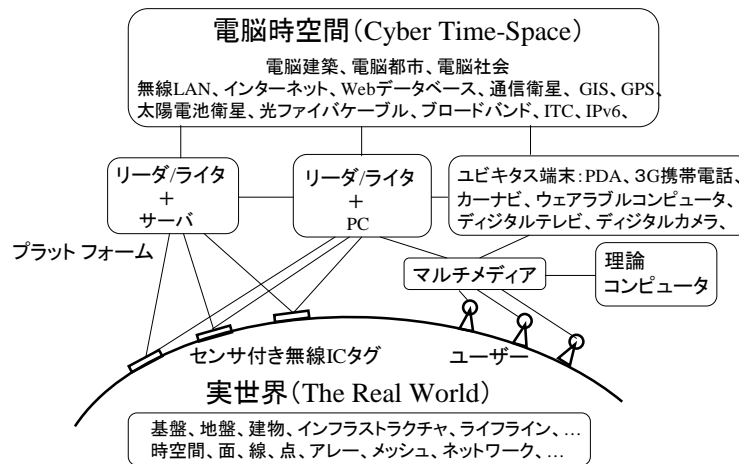


図6 センサ付き無線 IC タグによる
実世界と電脳時空間の融合
(ユビキタス社会情報インフラ)

第2節 東日本大震災

(a) 震災概要

2011年東北地方太平洋沖地震（モーメント・マグニチュード Mw9.0）は想定外の大規模の海溝型地震で、青森県から福島県に至る広域の太平洋沿岸に想定外の大津波を発生させ多数の死者並びに家屋流失をもたらした。更に悲劇的なことは想定外の福島第1原発の全電源喪失によるメルトダウン、爆発を生じ、地下水の流入は放射能汚染されつつ現在も続いている。津波又は放射能汚染によって失われた地域から避難し帰郷の目途の立たない人達は今も多い。地盤災害や放射能汚染は関東地方にまで及び、超高層建築の振動被害は大阪にまで影響した。空前絶後の大震災にも拘らず、被災者の人達の忍耐強く沈着冷静な行動には、世界各地から驚きと賞賛の声が寄せられた。

尚ここでは阪神淡路大震災と同様に免疫システムとして効果を発揮したと予想されるボランティア活動と SNS（ソーシャルネットワークサービス）、そして阪神淡路大震災とは若干趣を異にする人と人とのネットワークについて考察を加え、想定外故に機能を発揮できなかった公的防災拠点についても検討を加えよう。

(b) ボランティア活動

被災地内外の各地区に災害防災センターが設置され受付が始められたが、被災地が広範囲に分散し交通の便が悪く宿泊や安全面への配慮から、当初はボランティアの立ち入りは足止めされ、活動が開始されたのは交通と受け入れ態勢が整備されてからである。

津波による流動的な惨状が広範かつ壊滅的であったため、当初大規模な瓦礫撤去や捜索などに威力を発揮したのは、自衛隊、警察隊、消防隊、更には米軍原子力空母ロナルド・レーガンなどの機械的かつ組織的な機動力であった。図 4 の公的防災拠点というよりも、外傷がひどく免疫システムを超えた生命体の外側からの外科的処置としてなされたと見るべきであろうか。

避難所が長期かつ広範囲に散在していたため、著名なエンターテイナーや芸術家がボランティアとして続々と支援や慰問演奏に訪れ、避難生活者を心の面からも元気付けたのは印象的であった。全国各地で数々のチャリティコンサートも催され、外国からも激励の多数のメッセージが届けられたのも震災規模の大きさを物語っている。これらは私的防災拠点としての純粋なボランティア活動の進化形と見ることもできよう。

初期の片づけなどの作業を終えると被災地内の災害ボランティアセンターは災害支援センターとして集約化され、広域連携の支援活動の一翼を担うようになった。自治体、NPO/NGO、消防、警察、放送局、銀行、日赤、医師会、コンビニ、水道、ガス、電気、企業、労働組合、等々へと連携の輪は広がっていった。

特筆すべきは全国的な自治体連携が進み、被災地の自治体への人的、物的支援から行政支援がペアーを組んだ被災地内外の自治体の間で行われたことである。

私的防災拠点として必須の条件のうちⅡの自律的なマルチエージェントが個人から組織体に進化した条件Ⅰの免疫システムとなり、先述したボランティアの進化過程（個人→団体→組織、血縁→地縁→海外、私的→公的→制度）に沿った条件Ⅲをも充足するものであった。

(c) SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）

本大震災発生直後は停電によるサーバーのダウンで PC よりもスマートホンが活躍し、ツイッター、フェイスブック、動画、GPS（全地球測位システム）などが図 3 の抗体産生細胞すなわち図 4 の私的防災拠点として分散家族や知人の安否確認など免疫システムの機能を発揮した。特に動画が自律分散的に発信されたことで、津波の恐ろ的な暴力性がリアルに万人の目に焼き付けられた。更に GPS は人工衛星を介するもので地上のインフラ被災の影響を受けず、地上の被災状況や道路事情などの情報の配信を可能にした。

現在も進化は進んでいて、幾多の防災情報サービスに関するアプリや HP が種々の拠点（個人、NPO、企業、自治体、国など）で作成され一般向けに情報発信されている。最近

話題を呼んでいるのがウェアブルコンピュータで、腕時計タイプやメガネ付属型などが開発されている。

図 6 は 10 年ほど以前にセンサ付き無線 IC タグの応用による電脳時空間をイメージしたものであるが、残念ながら無線 IC タグの建築への応用は未だ進んでおらず本大震災では機能しなかった。しかし上記のような昨今の情報機器やソフトの開発は図 6 を更に人と人、人とモノのネットワーク化を進めることに大きく貢献するであろう。最近の情報ではカーナビとスマホと PC をネットワーク化するソフトが開発されつつあり、自動車も IT 化され自動運転車も実用化へのターゲットにあるとのこと。これらが日常生活に浸透することにより先述の必須の条件 I、II、III を満たしているのです、今後とも多様な災害に対し私的防災拠点としての機能を発揮するものと期待される。

(d) 人と人とのネットワーク

本震災では被災地が広範囲で被災状況や地理的環境も千差万別、被災者も避難所、仮設住宅、復興住宅へと移動する際に、県外避難者も含めて、かつての人と人の繋がりが分断されるケースが多く見られる。それは図 4 の私的防災拠点としての機能を著しく阻害し、生命体としての免疫力を低下させ、自然治癒力も望めないことになる。

図 4 の私的防災拠点として救援、復旧、復興において最も威力を発揮するのは、詰まるところ常日頃からの人と人とのネットワークであることは勿論であるが、住民同士だけでなく住民と行政側との人と人との繋がりが文献[8]には具体的に描写されていて大変興味深い。同文献では想定外の震災における混乱状態の中で、行政の要に位置する公的な区市町村の議員や首長が想定外の事態に対処するために、皮肉にも図 4 の私的防災拠点として被災住民の救援必要物資やお金そして制度化の手配に悪戦苦闘するさまが描かれており、国会議員や大臣クラスも含めて、結局は友人、知人という私的なネットワークに頼り功を奏しているケースが多く語られている。行政が動けば前述の広域連携を私的防災拠点とする原動力となり、社会的な総合力を発揮させることが出来ることを示唆している。

実は同文献ではネガティブな多くの事例もリアルに記述されており、同文献の題名から見てもそれが同著書の本旨かも知れないが、筆者には人と人との心の通ったネットワークの有無が成功失敗の分かれ目の大きな要因であったと思われる。

人と人のネットワークは先述の必須の条件 I、II、III を満たしているだけでなく、如何なる形であろうとも私的防災拠点としての原点をなすものである。

(e) 公的防災拠点の限界

例えば、気象庁は当初の地震速報ではマグニチュード 7.9 と報じたが、その後 8.4 に修正し、外国からはモーメント M_w 8.9 が報じられたため 8.8 に、そして最終的には 9.0 とした。(2011 年 3 月 14 日、朝日新聞朝刊、第 2 面参照)

気象庁 M_j では 8.5 くらいで頭打ちとなり、巨大地震の場合はモーメント M_w とすべきことは世界の常識であったが、日本では過去に経験のなかった M_w とすべき巨大地震（それによる巨大津波）は想定外とされていたのである。津波の高さ予測の根拠を後から M_j から M_w に変えても時既に遅く、停電や混乱で被災住民に十分には伝わらず津波から逃げ遅れた住民も少なくなかった。公的防災拠点が機能しなかった所以である。

福島第 1 原発の設計及び避難においても、経験の無い巨大地震及び巨大津波は想定外であったため、経験の無い水素爆発、メルトダウン、地下水の流入などもすべて想定外であった。公的防災拠点が機能するはずもなかった。

将にこの事故のために開発されていた緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI) の結果が公表されず、住民の避難命令や計画に活かされなかったのも悲劇を拡大させた。私的防災拠点としては緊急時には放射状に避難するのは当然で、知らずに風下に逃げた住民は不幸中の不幸に見舞われた。

公的防災拠点として巨額の復興予算が組まれたが、被災地に対し血の通った配分がなされたとは言い難く、それは現地を知らない霞が関で仕切られたからである。更にひどいのは別の地域や費目に流用されていたお金もあると言われ、理解し難いのは未だ相当な額が未消化だとも報じられていることである。阪神淡路大震災当時に比べれば法制度も税制も飛躍的に整備されたが、更なる規模的にも質的にも想定外の災害に対しては効果が十分に発揮されていないのである。想定外だからこそ私的防災拠点の機能に切り替え、被災地の県や市町村に無条件かつ速やかに配分し、各々の地域の自律的な活用に使われるべきであったと悔やまれる。

上記のように想定外の災害に対し公的防災拠点が限界を露呈しただけでなく、その限界がむしろ逆に損傷を大きくする逆効果の働きをする場合も見られたのは、誠に不幸なことであったが、今後の想定外の災害への対応の教訓として心に留めておく必要がある。

尚、本節では周知の事実や認識を概略的に述べ、個々について詳しく文献等を挙げるこ

とはしなかった。災害そのものが大規模かつ広範囲に及び、引用文献の数が膨大になるからということもあるが、本稿は免疫を主とするシステム論的な考察を目的とするものであり、定性的な概要でむしろ全体像や特色の記述に重点を置いた。これまで筆者が見聞きしてきた新聞、テレビ、雑誌、インターネットのHPや動画、等々から得た情報の要約であり、更に筆者自身が直接に体験した1次情報ではないため、誤りや落ち、独断、偏見なども多々あるであろうが、そのような箇所はご指摘して頂ければ幸いである。

第4章 免疫防災システムの本質

前章で阪神淡路大震災と東日本大震災とを比較して免疫防災システムの本質が明確に見えてきた。

想定外の災害に対して、私的防災拠点は大いに治療的効果を発揮するが、それは生じた災害を事前に予想して準備されたものではなく、住民の間では日常的に用いられていた手法や機器類であるからである。第3章、第1節、(a) 震災概要 で述べた複雑系としての特質に適っておれば、震災発生後も臨機応変に進化してゆくことが可能である。

他方、公的防災拠点は過去の災害の経験に学び、次なる災害に十分に対処できるよう準備されたものである。しかし過去の災害は限定、特定されたタイプであることから、想定外の規模や質の災害には殆ど無力であり、場合によっては妨げになることもある。免疫反応が逆に母体を傷つけるとアレルギー症状が生じるが、要注意である。

公的防災拠点の過信は禁物であるが、私的防災拠点と相互補完的な働きをすることは論を俟たない。繰り返しになるが図4にも付記したように、多くの場合、前者は（国や自治体の）マクロの、後者は（住民主体の）ミクロの視点から機能することになる。しかし後者が進化、肥大化すると前者に接近または転化、融合することもある。後天的な免疫システム（公的防災拠点）は初めての感染（想定外の災害）の度に数を増してゆくのも同じである。

地域、都市、人間、細胞などが図1で示されるようなヒエラルキーを持ち、生成流転の仕組みも類似性を示すならば、地域や都市が天災のような外乱に襲われるとき、その対応にも生命体との類似性がみられるのは当然である。人間の知識や経験に限界があることを自覚すれば、何十億年もの歴史を経て構築されてきた生命体の有する免疫システムに学ぶべきことは多々あると思われる。要は免疫システムを如何に活用するかにある。

東日本大震災のように国家や首都の存亡に影響を及ぼすような想定外の大震災において

は、単なる図4の免疫防災ネットワークでは対応し切れず、公的防災拠点と私的防災拠点の融合や免疫ネットワークを超えた外科的治療が有効となり、その辺りの見極めも必要である。

公的防災拠点として天災や災害に「想定外」を設定すること自体に安直さがある訳で、この点については筆者の別のページ「新・極限耐震設計論」において考察を加えているので参照されたい。

本稿で提示した免疫防災システムについての評価及び設計については、本ページでまた稿を改めて考察を加えたい。

参考文献：

- [1]高安秀樹：フラクタル、朝倉書店、1968年4月（初版第1刷）、6月（第3刷）。
- [2]松尾和浩：やさしく学ぶ免疫システム、サイエンス・アイ新書、2006年10月。
- [3]河村廣：地震防災学の定量的グランドスキームー免疫防災システムとその設計ー
日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、2007年8月、pp.449~450。
- [4]大内東、山本雅人、川村秀憲、柴肇一、高柳俊明、當間愛晃、遠藤聡志：生命複雑系からの計算パラダイム、森北出版、2003年8月。
- [5]多田富雄：免疫の意味論、青土社、1993年4月（第1刷）、1996年11月（第31刷）。
- [6]河村廣：地震と共生する生物指向都市、機械指向型都市から生物システムを指向した都市へ、Bio City, 1995年、Spring no.4、pp.18~23。
- [7]河村廣、太田裕：ユビキタス強震観測ネットワーク構想、第27回情報システム・利用・技術シンポジウム、日本建築学会、2004年12月、pp.217~220。
- [8]大下英治：誰が復興を阻んだか、悟空出版、2015年2月。