

今後10年 将来に向けた課題

福和 伸夫

●名古屋大学減災連携研究センター センター長・教授

1. はじめに

会誌編集委員会から本特集号「平成の地震工学を振り返る」に今後10年を視野に将来への課題を記すよう依頼された。振り返る平成の30年と展望する令和の10年という期間のバランスの違いをどう考えるべきか悩みつつも、比較的近い将来の課題を述べよとの意図と考え、10年後を想像しつつ課題を考えてみたい。ただし、浅学非才ゆえ、その視点には偏りがある。民間で若干実務を経験し、地元・名古屋の大学で30年弱を過ごし、定年を間近に控える中、南海トラフ地震に直面する地震工学研究者としての小文と捉えて頂きたい。

2. 30年前、10年前と10年後の社会

2.1 1989年の社会と平成の30年

平成が始まった1989年は、天安門事件、ベルリンの壁崩壊、冷戦終結など、世界が激動した年である。日本では、消費税が導入され、年末には日経平均株価が史上最高値となるなど、バブルの絶頂期であった。インターネットや携帯電話はまだ普及していなかった。その後の30年間、日本は多くの被害地震を経験した。

災害対策基本法制定の契機となった1959年伊勢湾台風以降の昭和後半30年間と平成の30年間を比較すると、平成の被害地震の多さに気づく。

昭和後半には、震度7の地震は1つも無いが、平成には、1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震の前震と本震、2018年北海道胆振東部地震と6度も経験した。

昭和後半に起きた地震の最大死者は日本海中部地震の104人だが、平成には東北地方太平洋沖地震や兵庫県南部地震など、死者200人以上の地震が4つもある。

また、昭和後半の西日本の内陸直下の地震は1961年北米濃地震、1968年えびの地震、1984年長野県西部地震くらいだが、平成には、1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震、04年新潟県中越地震、05年福岡県西方沖地震、07年能登半島地震、07年新潟県中越沖地震、16年熊本地震、18年大阪府北部の地震など、10個以上起きている。

2.2 2009年の社会と日伊で起きた2つの地震

2009年の新語・流行語大賞は「政権交代」、今年の漢字は「新」だった。前年の2008年9月に起きたリーマン

ショックで経済が混乱し、衆議院選で民主党が圧勝して、政権交代が行われた。新型インフルエンザが流行した年でもある。インターネットと携帯電話が普及し、緊急地震速報も2007年から本運用が始まった。

2009年8月11日には、駿河湾の深さ23kmでM6.5の地震が発生し、最大震度6弱を観測した。東海地震の震源域近傍で起きたため、初めて東海地震観測情報が出された。「地震防災対策強化地域判定会」の臨時の委員打合せ会が招集され、「想定される東海地震に結びつくものではない」との見解が発表された。当時は、2011年東北地方太平洋沖地震の前でもあり、地震予知を前提にした大規模地震対策特別措置法（大震法）による東海地震対策の一環だった。

一方、イタリアでは、2009年4月6日にラクイラでM6.3の地震が発生し、309人が犠牲になった。この地震の前には多数の群発地震が発生し、住民の不安が高まって社会問題となっていた。その中、国家市民保護局が大災害委員会を招集し、「安全宣言」を出していた。このため、地震後、委員会メンバー7人が過失致死で起訴された。第1審では全員に実刑判決が出たが、最終的には科学者6名は無罪、行政官1名が執行猶予付き禁固2年で判決が確定した。

これから10年経って、日本では地震の直前予知を断念し、本年5月31日の中央防災会議で南海トラフ地震防災対策推進計画が改訂され、大震法が事実上凍結された。3日以内の地震発生を前提とした警戒宣言発令から、いつ地震が起きるか分からない南海トラフ地震臨時情報の発表に変わったことは、隔世の感がある。

この10年に起きた地震には、震度7を記録した地震だけでも4つある。震度観測点の増加もあるが、1990年代、2000年代と比較して多いと感じる。

2.3 2030年問題と10年後の社会

「2030年問題」という言葉をよく聞く¹⁾。2030年の日本で生じると予想される社会的問題の総称である。国民の1/3が高齢者となり、人口が現在よりも1千万人減少して、様々な社会的変化が起こるといわれる。労働力不足、高齢者の貧困、過疎地域の増加といった問題が生じ、国内総生産も低下する。働き手不足により、介護、観光、医療、IT、航空などの業界は深刻な事態になると予想されている。空き家率が3割を越し、

社会インフラの老朽化が進行し、債務も膨らんでいると予想される。日本が縮む一方で、世界の人口は85億人まで増加し、水や食料、エネルギーの不足が懸念される。エネルギー自給率8%、食料自給38%しかない日本の現状を考えると将来が危ぶまれる。未来の年表²⁾などの未来予測は悲観的であり、将来を見据えた検討の必要性が指摘されている³⁾、一方で、2027年にはリニア中央新幹線が開通予定であり、三大都市圏が一体化したスーパーメガリージョンが形成され、現在とは異なる国土構造になっていると思われる。

こういった中、今後10年間に南海トラフ地震や首都直下地震が発生すれば、日本社会は大きな困難に直面することになる。最大クラスの南海トラフ地震が発生すると、最悪、20年間で1,410兆円の経済被害となり、日本は世界の最貧国になる恐れがあると土木学会が指摘している⁴⁾。一方、地震が起きていなければ、発生確率は益々高まる。ちなみに、本年1月時点での地震発生確率は、今後10年が30%、30年が70～80%であり、地震後経過率は0.83、次の地震までの標準的期間は15.2年とされている。過去の例からすると、今後10年の間に西日本を中心に活断層による地殻内地震が複数発生し、場合によっては、南海トラフ地震の震源域周辺で比較的規模の大きな地震やゆっくり滑りが起きる。その場合には、南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)が発表され、社会的な混乱が予想される。社会が狼狽えれば、日本の信頼度が低下し、地震発生前に経済的な困難に陥る可能性がある。

3. 地震工学の周辺の状況

近年、人新世、SDGs、Society5.0、第4次産業革命、CASEなどのキーワードをよく聞く。一見、地震工学とは関りが無さそうに見えるが、社会の変化により災害像は変化するので、無縁ではない。10年後を見据え、周辺の社会動向を概観してみる。

人新世とは、人類が農業や産業革命を通じて地球規模の環境変化をもたらした時代と定義されている。人間の営みによって地球環境が受ける影響が無視できなくなり、完新世に続く新たな地質年代として人新世が提唱された。二酸化炭素やメタンガスの大気中濃度、成層圏のオゾン濃度、地球の表面温度や海洋の酸性化、海の資源や熱帯林の減少など、気象や土壌に影響が現れている。

災害は、hazard(ハザード)、vulnerability(脆弱性)、exposure(曝露)によって生じる。地殻変動である地震現象への影響は認められないが、災害危険度の高い沿岸低地への都市域の拡大は、揺れ・液状化・津波・浸水・

土砂災害などのハザードを増大させた。また、都市への人口集中は暴露量を増大させ、高齢化・人口減少・貧困化・限界集落などは社会を脆弱化させた。

SDGs(Sustainable Development Goals)は、2016年から2030年までに達成すべき国際目標の略称で、貧困や飢餓、エネルギー、気候変動、平和的社会など、持続可能な開発をめざしている。2015年9月の国連持続可能な開発サミットで合意され、ミレニアム開発目標(MDGs)の後継として採択された。10年後に達成する目標で、下記の17項目からなる。

①貧困をなくそう、②飢餓をゼロに、③すべての人に健康と福祉を、④質の高い教育をみんなに、⑤ジェンダー平等を実現しよう、⑥安全な水とトイレを世界中に、⑦エネルギーをみんなにそしてクリーンに、⑧働きがいも経済成長も、⑨産業と技術革新の基盤をつくろう、⑩人や国の不平等をなくそう、⑪住み続けられるまちづくりを、⑫つくる責任つかう責任、⑬気候変動に具体的な対策を、⑭海の豊かさを守ろう、⑮陸の豊かさを守ろう、⑯平和と公正をすべての人に、⑰パートナーシップで目標を達成しよう。

地震対策でも重要なことばかりである。災害は社会の抱える問題を露呈させる。地震での被害を減じ、災害後に社会を早期に回復するには、SDGsの17つの目標は防災面でも重要な事柄である。

Society5.0は、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を融合させることで、経済発展と社会的課題の解決を両立するもので、人間中心の社会を目指した概念である。狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く新たな社会と位置付けられている。IoTであらゆる人とモノをつなげ、様々な知識や情報を共有し新たな価値を生み出す。そして、AIにより必要な情報を必要な時に提供し、ロボットや自動走行車などで、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題を克服するものである。少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差は2030年問題そのものである。災害被害の拡大要因でもあり、Society 5.0で実現される社会は、地震災害が減じられる社会でもある。

第4次産業革命とは、蒸気機関などを用いた機械化による18世紀末の第1次産業革命、電力を用いた大量生産による20世紀初頭の第2次産業革命、電子工学や情報技術を用いた自動化による1980年代の第3次産業革命に続くもので、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットを活用した技術革新である。経済産業活動に加え、人間や社会のあり方にも影響を与えられている。

ちなみに、第1次産業は農業・林業・水産業、第2次産業は鉱工業・製造業・建設業など。第3次産業はサー

ビス・通信・小売り・金融・保険などと定義されてきたが、第4次産業としては情報通信・医療・教育サービスなどの知識集約産業が提案されている。

Society5.0や第4次産業革命でのコアとなるIoT、ビッグデータ、AI、ロボットは、地震災害でも活用が大いに期待される。とくに、災害後の初動対応に有用である。IoTやビッグデータは早期の被害状況と対応資源の把握に、AIはSNSやビッグデータなどで得られる膨大な情報に基づく判断に、ロボットは危険な環境における救命救出に力を発揮する。

こういった流れの上にあるのが、CASEである。CASEとは、Connected(コネクテッド)、Autonomous(自動運転)、Shared & Services(カーシェアリングとサービス)、Electric(電気自動車)からとった造語である。Mobilityを中心に、様々なセンサーが張り巡らされ、モノやデータの共有化が進み、Society5.0の基盤が構築されていく。ただし、電気と通信の確実な確保が前提になるため、災害時への対応は残された課題となっている。地震による地殻変動も位置精度を減じる心配がある。

ビッグデータを用いた深層学習によるAIは、解の探索がブラックボックス化し、現象の抽象化やモデル化・構造化が行われにくい。このため、物事の本質や現象のメカニズムを理解することや、対策手段を考えることには向かない。また、情報化が進んだとしても、地震災害軽減の基本は、耐震化などの事前防災にあることは変わらない。

4. 今後の地震工学研究のキーワード

今後を考える上でのキーワードを10個挙げてみる。

4.1 見たくないものを見る

インターネットやSNSを通して膨大な情報が溢れているが、新聞やテレビを通じたプッシュ型情報からSNSなどのプル型情報への変化の結果、多くの人は限られた領域の情報のみと接するようになり、視野の狭量化が起きているようだ。社会の縦割りが進み相互依存度が高まる中、部分最適化と人任せになった体質を改め、俯瞰的視点で「見たくないものを見る」態度と全体最適化の視点が重要である。

4.2 相互依存社会

高機能化した社会は、機能が分化し、相互の依存度の高い複雑なネットワークを形成する。製造業のサプライチェーン、交通網、物流、ライフライン、通信など、その実態を知ることは難しい。一方で、日本の産業を担う自動車産業は3万点の部品を3万社で製造し、物流やライフラインに大きく依存する。社会を支える

水道や港湾などの社会インフラは、複数の官庁、国・都道府県・市町村・民間企業が関り、その実態が見えない。縦割り・横割りの中、情報開示が遅れ、社会のボトルネックが見えなくなっている。不都合なことの情報の開示を進め、影響度の高い致命的な災害病巣を早期に切除・治癒する態度が必要である。

4.3 縮退と持続発展

人口減少や経済の縮退、債務の増大により、地震工学を支える研究者や研究資金の減少は不可避である。大規模地震が切迫する中、災害被害軽減に寄与する地震工学研究の持続・発展は欠かせない。基礎学理を継承し人材を継続的に育成すると共に、真に重要な研究課題を創成する必要がある。そのためには、選択と集中、継承と創成のバランスが鍵を握る。建築物や社会インフラなどの既存ストックを全て改築することは困難であり、長寿命化や耐震改修技術の開発、既存ストック改修の優先順位などを定める必要がある。

4.4 自律・分散・協調

首都圏への一極集中は、首都直下地震の暴露人口を増加させ、地方の首都圏への依存度の高さは、他地域への被害波及を拡大する。かつての日本社会のように、各地に人口が分散し自律力を持つことが、地震被害の波及を抑制する。効率性重視の首都圏への一極集中を改め、地方都市の自律力を向上させるため、地方創成の推進は地震工学の立場でも重要である。国土交通省が進めるコンパクトネットワーク³⁾は一つの方向性であり、2027年に予定されるリニア中央新幹線の開通やテレワークの普及にも期待したい。

4.5 総力の結集

大規模な災害被害と向き合うにはあらゆる力を結集するしかない。近年、研究分野の細分化が進み、俯瞰的視点や研究者のコーディネート力・問題解決力が減退しているように感じられる。災害の被害軽減には、①事前対策・最中対策・事後対策の3つの時間断面の研究、②Hazard・Vulnerability・Countermeasureの研究、③Prediction(予測)・Prevention(予防)・Response(対応)のバランス良い研究推進のための地球科学・社会工学・人文社会科学・情報科学の研究連携、④研究を施策化し実装へと結びつける研究・行政・社会の連携、⑤自助・共助・公助の連携、⑥時・空間の遠くと近くとの連携など、あらゆる力を集める必要がある。学会や、各地の行政機関や基幹大学などがコーディネータ役を担うことが期待される。

4.6 HVEの改善

災害被害軽減には、Hazard、Vulnerability、ExposureのHVEの解消が必要となる。Hazard低減には長期的

には土地利用(国土・都市計画)の見直しによる危険回避が、短期的には堤防などの社会インフラ強化が、Vulnerability低減には、都市インフラの強靱化や建築物の耐震化、海外と結ぶ港湾や空港の強化による孤立回避などが、Exposure改善には、人口の地方分散などの国土利用の見直しなどが必要となる。何れも短期に実現できることではないが、2030年問題解決のためにも、この10年でのロードマップを作り、実践を始める必要がある。

4.7 新技術の活用

地震工学の外側で進むSociety5.0、CASE、IoT、ビッグデータ、AI、ロボット、スーパーコンピューター「富岳」などで実現される新技術を、地震工学研究に積極的に取り込み、災害軽減に役立てる必要がある⁹⁾。12年前に本運用が始まった緊急地震速報は、その先駆けでもある。大都市に集中する高層ビル向けに、長周期地震動を対象にした緊急地震速報を早期に実現したい。

4.8 不確実な情報の活用

南海トラフ地震臨時情報のような不確実な事前情報を社会の実情に応じて被害軽減にどのように活かすか、大きな課題である。臨時情報発表後、いつ起きるか分からない地震を前に、人命を守るための津波被災地等の事前避難、ライフライン・物流・行政・医療・福祉などの社会機能維持、高層ビル・石油タンクの長周期地震動対策、エレベータの閉じ込め対策、海外への安心情報発信など課題は多い。また、デマ情報もあるSNSから得られるビッグデータ活用も今後の課題である。

4.9 合意形成

巨大地震の発生確率が益々高まっていく中、便利さと安全、集中と分散、首都と地方、分析と合成、効率性と冗長性、専門分化と総合性、生命と生業、統一性と多様性、先端と普及など相反する価値観の中で、社会の合意形成を図っていく必要がある。また、日本国憲法は、国民の最低限の生存権と財産権を共に保障しているため、建築基準法で規定される耐震基準は最低基準でしかない。耐震規定に定められる外力を上回ることが予想される南海トラフ巨大地震を前に、技術者による安全性の説明責任と合意形成の重要性を再認識し、耐震安全性のあり方について議論を深めたい。

4.10 価値観

国民の行政依存体質を改め、かつてのように、災害を我がことと考え自らの命は自ら守るといった価値観の醸成が必要である。「彼を知り己を知れば百戦殆うからず」とか、「災い転じて福となす」、「温故知新」など、先人が築いた防災文化を再び根付かせる必要がある。そして、本音で語り、本質を見抜き、本気で行動

を始めたい。そのためには、国や地域を皆で守るといふ価値観の共有が必要であり、呉越同舟で力を合わせる必要がある。高頻度に発生する中小災害にビクビクする華奢な社会から、多少鈍感でも大災害にもへこたれない骨太な社会へと変えていきたい。

5. おわりに

中央防災会議防災対策実行会議防災関連調査研究の戦略的推進ワーキンググループが「防災関連調査研究における現状の課題と今後の対応の在り方について」をまとめ、学術連携等による総合的な視点からの防災・減災研究の推進の必要性を指摘している⁷⁾。各研究機関や防災行政機関の役割を調整し、防災関連調査研究の体系化とその社会実装化を進めることができる組織・体制を構築し、防災研究を一気通貫で進められるような仕組みが必要だと指摘している。日本地震工学会もその一翼を担っていく必要がある。

参考文献

- 1) 経済財政諮問会議：2030年展望と改革タスクフォース報告書、2017。
- 2) 河合雅司：未来の年表、講談社、2017。
- 3) 西條辰義：フューチャー・デザイン、勁草書房、2015。
- 4) 土木学会平成29年度会長特別委員会レジリエンス確保に関する技術検討委員会：「国難」をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書、2018。
- 5) 国土交通省：国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～、2014。
- 6) 社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会：「国土交通技術行政の基本政策懇談会」中間とりまとめ、2018。
- 7) 中央防災会議防災対策実行会議防災関連調査研究の戦略的推進ワーキンググループ：防災関連調査研究における現状の課題と今後の対応のあり方について(報告)、2017。



福和 伸夫(ふくわ のぶお)

1981年名古屋大学大学院修了後、清水建設で勤務の後、名古屋大学に異動。建築耐震工学・地震工学に関わる教育・研究に携わる傍ら、防災・減災活動を実践。現在は南海トラフ地震対策に注力。