

巻頭言

トルコ共和国と地震

京都大学名誉教授

清野純史

2023年2月6日、マグニチュード7クラスの2つの大きな地震 ($M_w7.8$ と $M_w7.5$) がシリアとの国境付近のトルコ南東部で発生した。それに続く一連の余震も含め、シリアを含め55,000人以上が亡くなり、10万人以上の方が負傷したと言われている¹⁾。トルコにはその北部にユーラシアプレートとアナトリアプレートの境界となる北アナトリア断層、そしてトルコの南東でアラビアプレートとアナトリアプレートが接する東アナトリア断層という2つの大きなプレート境界があり²⁾、また国のいたる所に活断層が点在する、まさに世界有数の地震国である。2月の $M_w7.8$ の地震はアラビアプレートとアナトリアプレート、トルコ南方の地中海からトルコを押し上げるアフリカプレートの3つのプレートが会する付近、 $M_w7.5$ の地震は本震の約90 km 北、東アナトリア断層のすぐ西のシュルギユ断層上に震央を持つ地震であった²⁾。

一方、北アナトリア断層でも近年だけでも1939年のエルジンジャン地震 ($M_s7.9$, 1992年の地震は $M_s6.8$) 以来マグニチュード7クラス以上の地震が西方に移動しながら繰り返している。北アナトリア断層はイズミットの東方から西に向かって、大きく北・中央・南の3つの断層群に分かれ、北部の断層はイズミット湾、マルマラ海を通りギリシャまで続いている。

この北アナトリア断層のマルマラ海東端のコジャエリ県イズミット市近傍で1999年8月17日に発生した $M_w7.4$ のコジャエリ地震 (イズミット地震またはマルマラ地震) では、マルマラ海東端の地域に、調査時点 (1999.12) で死者16,000人以上、負傷者23,000人以上、倒壊家屋2,000棟以上 (2013.12時点で死者17,480人、倒壊建物66,448棟³⁾) という甚大な人的・物的被害が生じている⁴⁾。私は土木学会地震被害調査団の一員として現地へ赴き、主に強震動や地表面断層の調査を行ったが、トルコにはそれ以前に6か月ほど滞在したことがある。以下は私とトルコの関わりの話である。

兵庫県南部地震と同じ年の1995年10月に JICA の「トルコ共和国地震防災研究センター」プロジェクトの一員としてアンカラに滞在中、休暇を取ってブルサを訪ねた。多くのドームを持つブルサ最大のモスクであるウル・ジャーミー近くのバザールの古道具屋で、友人が蓋の裏に何々商会と刻まれた明治時代の日本の懐中時計を見つけた。店の老人はなぜかトーゴー、トーゴーといって屈託のない笑顔を私たちに向けてくれた。日露戦争の日本海海戦でロシアのバルチック艦隊を撃破した、あの連合艦隊司令長官・東郷平八郎の事である。トルコ人には親日家が多い。それが、中世から近世にかけてのロシアに対するトルコの鬱憤を、日露戦争の日本海海戦で東郷元帥が晴らしてくれたことに起因するのかどうかは定かではないが、親日的な気持ちはトルコ滞在中いたるところで感じ取ることができた。かつて明治天皇に謁見した後のトルコ軍艦エルトゥールル号が和歌山沖で遭難した際に、身を挺して救助に当たった沿岸漁民が、オスマン帝国の皇帝や国民に深く感謝されたこと、また、パーレビー王朝が終焉したイラン革命後のイラン-イラク戦争の際に、イランに取り残された日本人ビジネスマンや駐在員を、トルコが特別機を出してまで救出してくれたこと（私の後輩の商社マンもこの特別機で帰国している）、今回の2023年トルコ-シリア大地震の際には、甚大な被害が出ている地域で活動する医療チーム支援に、航空自衛隊の政府専用機が特別輸送機として派遣されたことなどは、お互いの国民の心の奥に潜む相手への「思いやり」とか「感謝」とか「恩返し」という気持ちや美徳が、国や言葉、宗教や時代を超え、人から人、親から子へ連綿と続いている証であろう。

さて、1994年当時、アンカラの公共事業省地震研究部がアンカラ以東に展開する観測網⁵⁾は、北アナトリア断層に沿って50~100 km 間隔で設置されていたアナログ型（一部デジタル型）の独立強震観測点と、北アナトリア断層中央部からトルコ南東部にかけて設置されていた高感度地震計であり、主に微小地震あるいは弱震の観測網であった（図1）。私が参加した JICA プロジェクトは、この弱震観測網の東側の地域をカバーし、既存観測網と併せて、弱震~中震~強震に至る広範囲の地震を可能な限り観測できるネットワークを構築するとともに、地震発生時に観測網から得られる情報を基に、地震の全体像や被害情報を迅速に予測して直後の地震対応に活用することを目的とした「トルコ共和国地震防災研究センター（1993年4月から5年間：プロジェクトリーダーは北海道大学名誉教授・故太田裕先生）」であった。当初は情報収集拠点であるアンカラの中央センターとともに東部エルズルムに地域センターを置き、ここを含むような地域を対象とする計画であった。しかし、当時のトルコ東部の治安の悪化から幾度かの観測網対象地域の変更を経て、アンカラ以東で東部の治安悪化地域を除く東西約300 km、南北約200 km の範囲で相応のデータ伝送回線網が整備されている9つの県の県庁所在地を観測点とするネットワークが構築

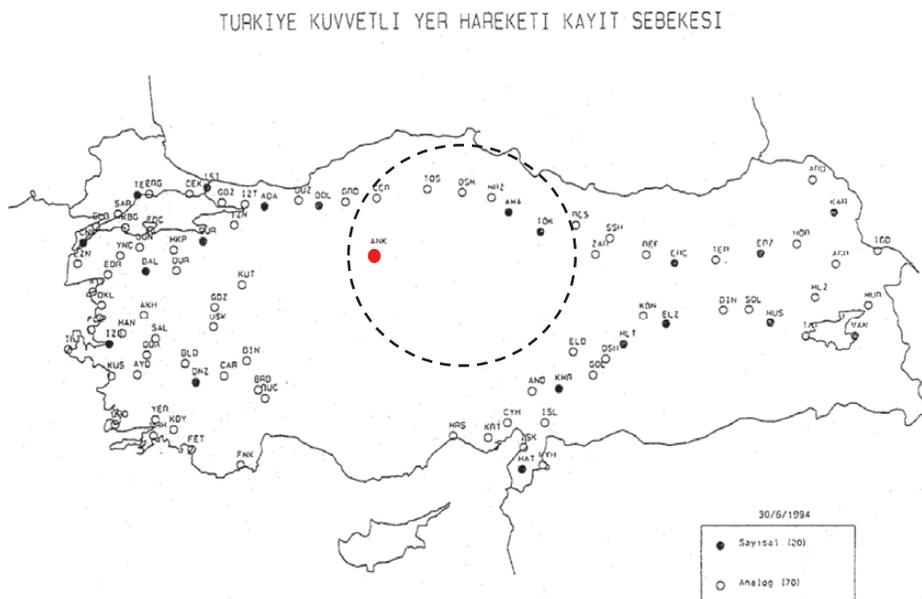


図1 1994年当時のトルコの地震観測網（●はデジタル型，○はアナログ型地震計）⁵⁾と対象となったアンカラ（赤丸）以東のトルコ中北部9県の領域の概略（破線の円）

された。対象とした9県は、アマシア、チャンクル、チョルム、カスタモヌ、オールドウ、サムスン、シノップ、トカット、ヨズガットである。このJICAプロジェクトは、この地域に対して強震動観測システムのハード（地震計と伝送系）とソフト（システム制御と地震情報処理）を整備し、地震発生時に観測網から得られる情報を基に、地震の全体像および被害情報を迅速に予測し、直後の地震対応に活用することを狙ったものである。また、別途イスタンブール工科大学に地震工学実験サブセンターを設立し、当時のトルコの低質な建物に関する構造実験と技術指導を行って建物の耐震性向上に係る研究も支援している。

私は1993年に京都大学防災研究所から山口大学工学部に赴任した。1995年に三浦房紀先生の招聘によって山口大学に来られたプロジェクトリーダーの太田裕先生の歓迎会において、私もぜひ派遣メンバーに入れてくださいと頼み込み、約半年間アンカラに滞在して、インフラの即時地震被害推定システム構築に参画した。滞在中の1995年10月にはトルコ南西部の人口約3,000人の小都市デイナルで100名にも及ぶ死者と2,000棟を超える全壊家屋を出す Mw6.2の直下型地震が起こり、現地調査班の一員として地表面断層を踏査するとともに地震被害調査も行った。

観測網から得られる地震情報を基にライフラインの即時被害推定を行うために、現地の実情に合った電気、ガス、通信、水道、鉄道、道路の被害関数を作成することが私のミッションであった。国内外のフラジリティ関数を調査し、トルコ国内の過去の地震被害と照

らし合わせて修正を行った。特に復旧・復興のためのロジスティクスにかかせない道路橋の被害関数の作成には力を入れた。アンカラの公共事業省道路総局 (KGM) に足繫く通い、対象 9 県の道路及び道路橋の地域データベースを作成し、域内の 654 の道路橋の被災ポテンシャルを算出するアルゴリズムを構築した⁶⁾。

当時は、1995年の兵庫県南部地震以降、様々な機関での強震観測が急速に増え、その観測記録を用いて瞬時に被害を推定しようとするリアルタイム地震被害推定システムの研究や実装が、特に自治体やライフライン事業者において盛んに行われつつあった。今でそご当たり前のシステムであるが、本プロジェクトはその創黎明にトルコを対象に行われたものと位置づけることができる。

観測点が多ければ多いほど迅速かつ精度の高い推定が可能となるため、データの蓄積による被害関数の精緻化と相俟って、稠密な観測が様々な機関で行われるようになった。もちろん、このような観測は現在でも主流で、その観測記録は公開されているものも少なくなく、社会に大きな恩恵をもたらしている。さらに、大規模大容量の数値計算のためのハード・ソフトも飛躍的な進歩を遂げ、各種インヴェントリーも飛躍的に整備されてきている今日、過去の地震の統計量に基づく被害関数のアップデートもさることながら、観測記録が得られると同時に瞬時に広大な領域の建物や社会基盤施設群の非線動的形応答計算を行って被害推定に役立てたり、衛星情報を基に即座に実務に耐えうる被害把握を行ってその後の災害対応に役立てるような時代もすぐそこまで来ている。

私が携わった前述のトルコプロジェクトは、日本の県とほぼ同じような広さを持つそれぞれの県にただ一つの地震計を設置したため、合計 9 つの地震計が新たに設置されたにすぎなかった。地震計の数について太田先生に問うた時に、次のような言葉が返ってきた。

「地震計は多いに越したことはない。ただ様々な制約からそれが難しい場合が普通で、頭を絞る、いろいろなアイデアを出し、考えに考え抜いて、その物理的ギャップを知恵で埋めることが何よりも大切なのだ」

さすがの研究者、教育者だと思った。

参考文献

- 1) British Red Cross: The latest news on the earthquakes in Turkey and Syria, <https://www.redcross.org.uk/>, 10 October 2023, 閲覧日2023/10/12.
- 2) USGS: The 2023 Kahramanmaraş, Turkey, Earthquake Sequence, <https://earthquake.usgs.gov/>, March 28 2023, 閲覧日 2023/4/10.
- 3) 中林一樹：1999年トルコ・マルマラ地震と市街地移転による都市復興，復興（8号），

Vol.5, No.2, pp.83-96, 2013.

- 4) Earthquake Engineering Committee, JSCE: The 1999 Kocaeli Earthquake, Turkey, -Investigation into Damage to Civil Engineering Structures-, December 1999.
- 5) 国際協力事業団社会開発協力部：トルコ地震防災研究センター計画打合せ調査団報告書, 1994年(平成6年)8月.
- 6) Junji Kiyono: Immediate Damage Estimation of Road Bridges in Turkey just after an Earthquake, Journal of the Institute of Social Safety Science, No.8, pp.1-9, 2006.11.