

リアルタイム地震防災の現状と課題

鳥取大学工学部 正会員 野田 茂

1. まえがき

地震直後におけるライフラインの緊急時制御としては地震情報・被害推定に基づいたJRのUrEDAS/HERAS、東京ガスのSIGNALが有名である。また、川崎市や東京消防庁の早期被害推定システムも先駆的なシステムである。都市基盤施設の地震時制御システムに関する要素技術、現状、動向については文献1)~3)に詳しい。

1995年兵庫県南部地震を教訓として、官民学で地震計ネットワークの拡大・増設、早期被害推定システムの導入が盛んに行われている。地震発生直後に素早く機能して、被害を最小限に食い止めるために「リアルタイム地震防災」なる用語が用いられるようになった。しかしながら著者には、現状のリアルタイム地震防災システムは本来あるべき姿の一部のみが機能しており、その思想を十分に活かし切れていないように考えられる。そこで本小文ではその問題点、解決策、今後の方向性などを述べる。

2. 現状のリアルタイム地震防災は本物か

著者らは、第22回地盤震動シンポジウム(1994年10月)において、面的・時系列的な評価のために「リアルタイム地震工学を目指して」という題目の論文を発表した。その後の兵庫県南部地震の結果を踏まえてまとめ直したのが文献3)である。著者らはその当時提案した「リアルタイム地震防災学」の枠組みが実現できるようになるのは10年先になるであろうと想像していた。阪神・淡路大震災後の発展はめざましいが、最近使われ出した「リアルタイム地震防災システム」の何が問題となっているのであろうか。ここでは紙面の都合上6つの問題点について述べる。

第1に、リアルタイムの解釈である。現在開発中のあるいは開発済みのシステムは「早期被害推定システム」が中心であり、その意味でリアルタイムとは地震直後の時間を指していることが多い。初期の一撃で都市部が壊滅的な打撃を受けると、リアルタイム地震防災は威力を発揮しないという意見がある。しかしながらリアルタイムとは地震直後のある時間帯に限定されたものではない。もちろん処理時間などの問題から、現在はリアルタイムではなく準リアルタイムな処理がされていることが多い。

第2に、地震動モニタリングシステムは充実してきたが、方法論に新しさがあるかどうかである。既往の静的システムをそのまま適用しただけのリアルタイム地震防災システムが構築されているように思われて仕方ない。すなわち時々刻々得られるデータを既存の(ときにはブラックボックス的な)プログラムに入力して、地震情報、被害推定などの出力値を求めているだけではなからうか。推定結果を得ることは大いに意義あることではあるが、ここで問いたいことはリアルタイムオンライン処理にふさわしい方法論が導入されているかどうかである。

第3に、リアルタイム地震防災の使用目的に関することである。UrEDAS、SIGNALは明確な目的を有する特殊なシステムであるから、リアルタイム地震防災の意味はあるが、このようなシステムをあらゆる(不明確な)分野に適用すべきではないという意見がある。リアルタイム性を重視した研究・実務はその目的を限定すべきであるという意見には一理あるが、そのようなシステムはUrEDAS、SIGNALのような緊急時警報・制御システム以外には必要でないという考えである。本当にそうであろうか。

第4に、面的な地震動・被害推定などへの取り組みである。震源の位置と地震の規模さえわかれば、被害状況を把握できる、1地点での地震動を計算することができれば、面的な地震動は単に点情報の集積として評価できるという主張である。すなわち、面的な取り組みは必要でないという論理である。第22回地盤震動シンポジウムにおいても同様な意見が地震学の専門家から提起された。地震動のシミュレーション技術さえ完成すれば、未観測点の地震動は求められるのであろうか。モデル/システムの不確定性、観測データを活かした高精度な条件付補間問題は必要ないのであろうか。

第5に、精度の問題である。これまでの解析では入力としての地震現象、対象システムのモデル化、被害関数の設定などに多くの仮定を必要としてきた。一方で、ミクロな解析は時間・労力を要するから、地震直後のリアルタイム地震防災には適さないという考えがある。つまりマクロな評価で十分であるという主張である。地震現象、相互連関を有する社会システム、都市構造はダイナミックに変化し、極めて複雑なカオスである。加えてそれらは不確定性を伴っている。技術革新の中でいつまでも先述したような発想でよいのであろうか。不確定性を減らし、精度を向上させるためにはマクロに固守すると限界があろう。推定精度を向上させる努力は必要ないのであろうか。

第6に、リアルタイム地震防災の対象範囲に関する問題である。現状では、力学系の構造物を対象にしたシステムが主に構築されており、人間そのものを対象にしていない。すなわち、人間の生命・生活と関連づけて人間行動をも考慮に入れた社会システムの実時間制御の問題についてはほとんど注目されていない。リアルタイム地震防災とはハードだけでなくソフトにも関連しているのである。

3. 実時間震災制御システムのあるべき姿

従前の研究では、地震現象のシミュレーション、地震動予測、地震防災に係わる事前対策のように、じっくり腰を落着けたオフライン的研究が中心であった。地震発生時点を時間軸の原点と見なして直後の短時間レンジのみを考えるのではなく、事前・最中・事後において時々刻々変化する状況を把握するためにはオフラインからオンラインに変身したアイデアが必要である。そこで著者らは、今後の地震防災において、Fig.1に示すような「リアルタイム地震工学」

を積極的に取り入れていくべき時期にきていると提案した³⁾。

リアルタイム地震防災あるいはリアルタイム地震工学においては、今まさに起こっている現象をリアルタイムにモニターした観測データを利用して、時々刻々予測・推定し、あるいはそれを逐次更新させていくためのフィードバックループを有する。ここでは、事前のオフライン処理によって構築されたシステム(モデル)に、逐次収集されたデータを入力して解析を行う。解析精度は事前に準備されたシステムの精度と、地震後に入力されるデータの質に依存する。しかしながらシステムを時々刻々更新しながら、逐次入力されるデータの更新によって解析の精度を高めていくことが可能である。

処理時間は対象とする現象によって違ってくる。秒、分、時、日、月の時間スケールになることが考えられる。しかしながら、入力→システム→出力の時系列的なフィードバック処理をすることは絶対時間の短長に係わりなく共通であり、このことがリアルタイム地震防災を特徴づけているのである。このためには、今後、時空間場における社会システムのカオス的な非線形現象に特有の更新理論を開発していくことが必要である。

リアルタイムとは事前・最中・事後の一貫した時間レンジを意味する。従って、最適復旧・復興戦略システムの構築においてもリアルタイム地震防災は役立つのである。すなわち、早期被害推定システムだけがリアルタイム地震防災ではなく、最適復旧戦略、ライフライン・人間行動の実時間制御など、リアルタイム地震防災が対象とする周辺分野は多い。

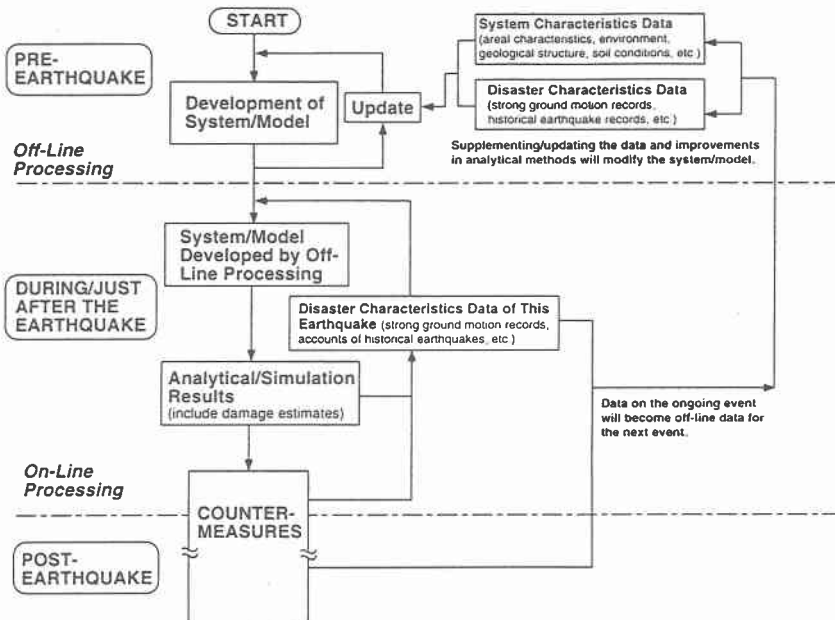


Fig.1 Flowchart of real-time earthquake engineering

今日の収集系・伝達系・処理系に関するハード面の技術の発展を考えると、地震時に都市基盤施設を実時間で制御することは十分に可能である。しかしながら、モデル・システムの検討や評価手法の開発以外に、情報の公開、データベースの構築と更新、日常的な利用、共有化など、多面的・総合的な取り組みがリアルタイム地震防災をより一層現実的なものにしていくに違いない。

4. あとがき

紙面の都合上割愛したが、リアルタイム地震防災システムの基本的な姿については文献 3)~5)に詳しく述べられている。また著者の考えは目黒の主張とほぼ同じであるので、文献 4)も参照されたい。

参考文献

- 1)野田茂：リアルタイム地震災害制御システムの現状と将来、鳥取大学工学部研究報告、Vol.26、No.1、pp.261-293、1995年7月。
- 2)山崎文雄：リアルタイム地震防災システムの現状と展望、土木学会論文集、No.577/I-41、pp.1-16、1997年10月。
- 3)Noda, S. and Meguro, K.: A new horizon for sophisticated real-time earthquake engineering, Journal of Natural Disaster Science, Vol.17, No.2, pp.13-46, 1995.
- 4)目黒公郎：私の考える「リアルタイム地震防災の姿」、第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集、pp.315-318、1997年11月。
- 5)野田茂・目黒公郎・山崎文雄：リアルタイム地震工学のすすめ、第23回地震工学研究発表会講演概要、pp.699-702、1995年7月。