

世界初**緊急地震速報を活用したタンクヤードの
総合的な地震被害予測・警報システム**

東京大学生産技術研究所
鹿島建設株式会社

導入

甚大な被害をもたらした兵庫県南部地震から 10 年経ったが、この間にも、鳥取西部地震(2000)、芸予地震(2001)、宮城県北部地震(2003)、十勝沖地震(2003)、新潟県中越地震(2004)、宮城県地震(2005)など、多くの大地震が発生している。現在わが国は地震学的に活動度の高い時期を迎え、首都機能や経済に甚大な影響を与えられる首都圏直下地震をはじめ、南海トラフ沿いの東海、東南海、南海地震の 3 つの地震や、東北太平洋沖の宮城県沖地震、三陸南部地震など、多数の海洋性の巨大地震の発生が懸念される。

しかし、これら一連の地震に対する防災対策は十分とはいえず、特に海洋性の巨大地震の発生時に長周期地震動の影響を受けやすい沿岸部のタンクヤードにおける対策の立ち遅れが指摘されている。そこで東京大学生産技術研究所と鹿島建設株式会社は、民間企業と公共機関の液体燃料タンクヤードの効果的な地震防災対策の切り札として、緊急地震速報を活用した総合的な地震被害予測・警報システムを産学共同開発するに至った。

今後はこのシステムを、国や自治体、タンクヤードを有する民間・公共機関に広く利用してもらう環境整備をはかり、首都圏をはじめとする全国の沿岸部のタンクヤードの総合的な防災対策の推進をめざす。

概要

今回開発したシステムは、大規模地震発生時に液体燃料タンクヤードでの発生が予想される各種の被害を、緊急地震速報を用いることによって、対象地域に激しい揺れが到達する前にリアルタイム予測・評価し、必要に応じてその被害を最小化する緊急情報を配信するシステム(図 1)である。本システムが対象とする被害は、「強震動による構造/施設被害」「地盤の液状化による構造/施設被害」「スロッシング被害」「津波被害」と上記 4 つの影響による「複合被害」である。

なお本提案システムは、地震発生前(平常時)の利用法として、過去の地震記録や想定されるシナリオ地震に対する各種の被害想定を行うことによって、対象施設(タンクヤード)の現状評価、評価結果に基づく防災力向上のための適切な対処法の検討が可能である。

背景

2003 年 9 月に発生した十勝沖地震により、苫小牧市にある出光興産(株)北海道製油所で

原油タンクおよびナフサタンクで火災が発生した。火災の主因は、貯蔵液のスロッシング(液面揺動)によって発生した浮屋根の損傷・沈没により、液面が露出したことである。このような液面揺動による被害が発生するのは、主に浮屋根式タンクであり、その割合は全国の容量 500kl 以上の石油タンク(約 13,200 基)の約 3 割を占め、かつ大型のもの(容量 1,000kl 以上)が多い。また十勝沖地震では、タンクヤードにおける顕著な被害はスロッシングを原因とした火災のみであったが、タンクヤードの立地条件(湾岸地域、埋立地など)を考えると、大地震発生時には、地盤の液状化や津波による被害が予想される。特に既に述べたように、近い将来に高い確率で発生すると予測されている宮城県沖や三陸南部地震、東海・東南海・南海地震などの海洋性の巨大地震ではその危険性が高い。

このような状況を踏まえると、タンクヤードを襲う地震動や津波、それによって発生する各種の被害をリアルタイムで予測・評価し、その結果に基づいて適切な対策を適切なタイミングで講じることによって、安全性の高い施設の管理・運営を行うことの重要性は高い。しかし現状では、先に述べたそれぞれの被害を単体として予測・評価するシステムは構築されているものの、複数の被害やそれらの複合被害を予測・評価するシステムは構築されていない。そこで今回は、緊急地震速報やサイトでの地震動記録を用いて、タンクヤードの総合的地震被害予測をリアルタイムに実施するとともに、適切な災害対応を支援するシステムを開発・構築した。

システムフロー

図 2 に示すように、本システムは地震発生時と実際に地震が発生する前(平常時)の両者の場面で活用できるシステムとなっている。平常時においては、過去の地震記録や想定される適当なシナリオ地震を対象としたシミュレーションが可能であり、この機能によって、各種の対策の効果を評価するとともに、安全管理者の災害時の状況認識力(災害イメージング能力)の向上の促進が可能となる。

地震発生時においては、気象庁から緊急地震速報を受信すると同時に、その情報と事前にデータベース化しておいたサイト情報を基に、対象とするタンクヤードで予測される最大地震動と速度応答スペクトルを評価する。そして緊急地震速報と得られた速度応答スペクトルから、強震動による構造/施設被害、地盤の液状化による構造/施設被害、スロッシングの発生の危険性とタンク被害の評価、津波とそれに伴う被害予測(1 次予測)を行い、一連の評価結果を、タンクや施設別に PC 画面上に表示するとともに、事前登録された PC や携帯端末に、これらの情報を配信する。さらに当該サイトで実測された地震動記録を用いた被害予測(2 次予測)結果をフィードバックすることによって、予測精度の向上を図る。

予測・評価システム

強震動評価システム

対象タンクヤード内の施設や構造物の強度情報と緊急地震速報およびサイトでの実測地

震動情報を用いて、タンクヤード内の施設/構造物に生じる構造被害の程度をリアルタイム評価する。

地盤液状化評価システム

対象地域の地形や地盤情報と緊急地震速報およびサイトでの実測地震動情報を用いて、総合的に液状化現象の発生予測を行い、液状化による施設/構造物の被害を過去の液状化被害事例に基づいてリアルタイム評価する。そして評価結果に基づいた適切な応急対策を支援する。

タンク被害評価システム

気象庁から緊急地震情報が配信されると、当該タンクヤードで予測される速度応答スペクトルを評価するとともに、全てのタンクの油量情報を用いてタンクのスロッシング周期を評価する。そして地震動が到達する前にスロッシング波高の 1 次評価を行う。1 次評価結果から内部液がタンクから溢流する可能性が有る場合には、その情報を管理者に配信する。また地震動到達後、タンクヤードでの実測地震動記録から速度応答スペクトルの再評価を行い、スロッシング波高の 2 次評価を行う。そして必要に応じてその情報を管理者に配信する。1 次評価で管理者に配信された情報より実記録で評価した情報の精度が良いため、1 次情報の修正が必要であれば 2 次情報の配信を行う。

津波評価システム

津波の発生は、地震の規模とその発生地域の影響を強く受ける。そこで本システムでは、緊急地震速報による震源位置と規模情報、さらに事前に評価した地震断層モデルを用いた評価結果とを連動させ、津波が当該地を襲う前にその規模を評価する。また海洋性の大規模地震の震源は、即座に決定出来ない可能性も高いため、更新された地震情報を監視し、津波被害の拡大が予想される場合には、予測結果の更新を行いながら被害予測の精度の向上出来る機能を備えている。

複合評価システム

先に述べたそれぞれの被害が発生する時間や規模は異なり、震源位置、規模によっては、複数の被害が複合的に発生する可能性がある。そこで、本システムは複合的な被害発生の可能性を含めて事前に予測できるものである。

予測・評価結果の出力

最終的な予測結果としては被害発生危険度(図 3)が出力される。具体的には、それぞれの評価システムの予測結果や、任意の複数の評価システムの予測結果を併せて出力することができる。また危険度を色分け表示することにより、より視覚的に理解できる。以上の機

能により，どのような被害がどのような規模で発生するのかを即時に判断できる．

まとめ

世界で初めて，液体燃料タンクヤードにおいて，緊急地震速報を有効活用して，地震によって発生すると考えられる各種の被害とそれらの複合災害をリアルタイム評価するシステムを開発した．また予測/評価した結果によって，この情報を緊急情報として配信可能なシステムを開発した．

連絡先

東京大学教授

生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

目黒 公郎

Tel: 03-5452-6436 Fax: 03-5452-6438

E-Mail: meguro@iis.u-tokyo.ac.jp

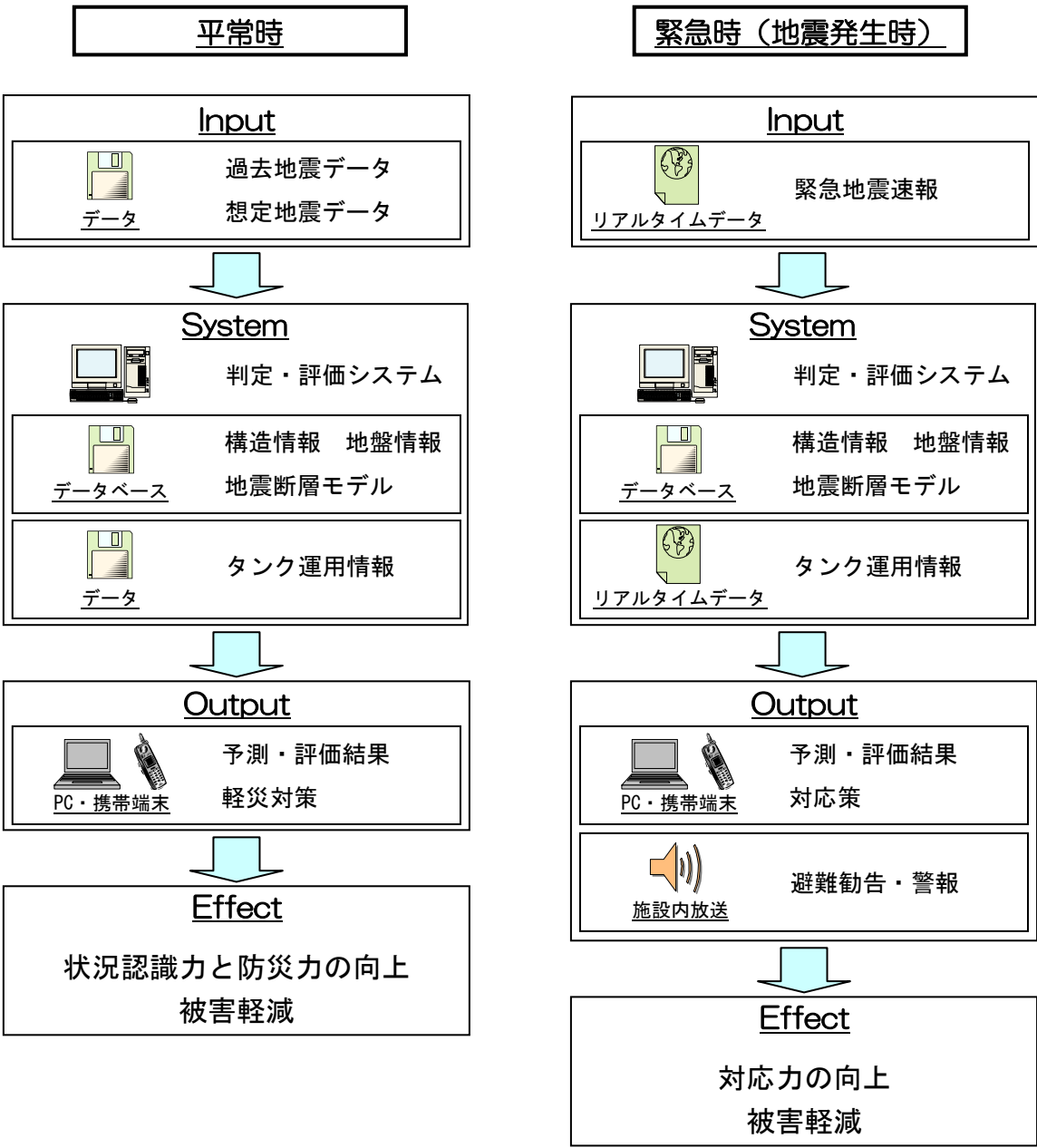


図 1 提案システムの利用法のイメージ

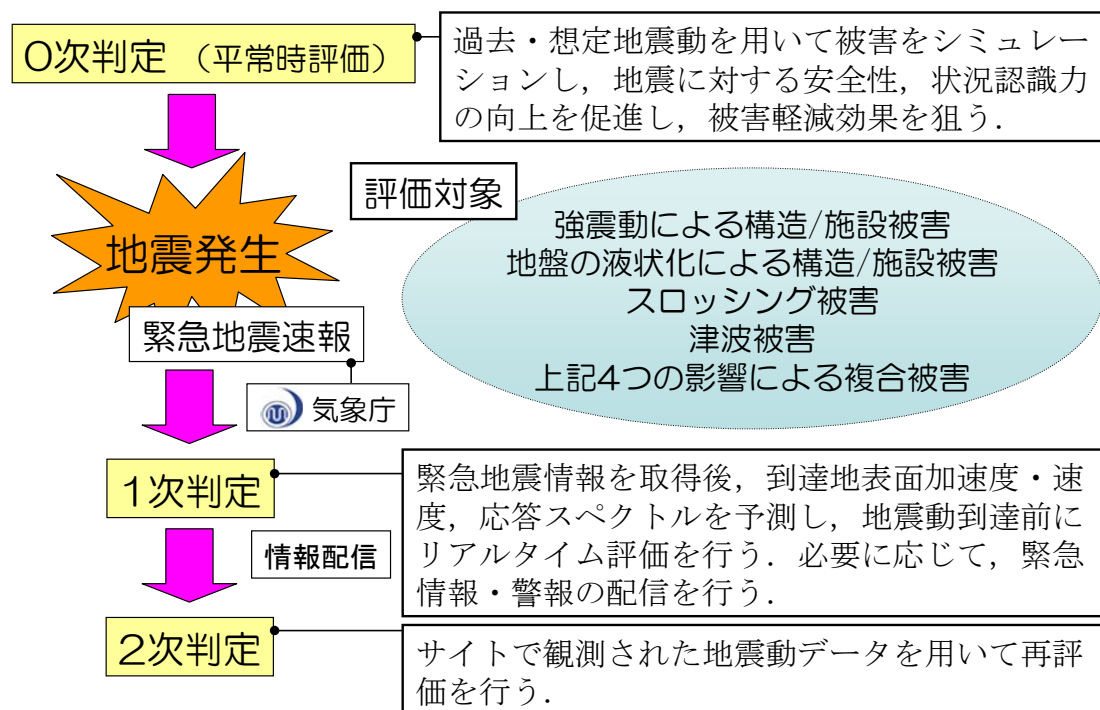


図 2 システムフロー



図 3-1 システム出力画面 (地震情報)

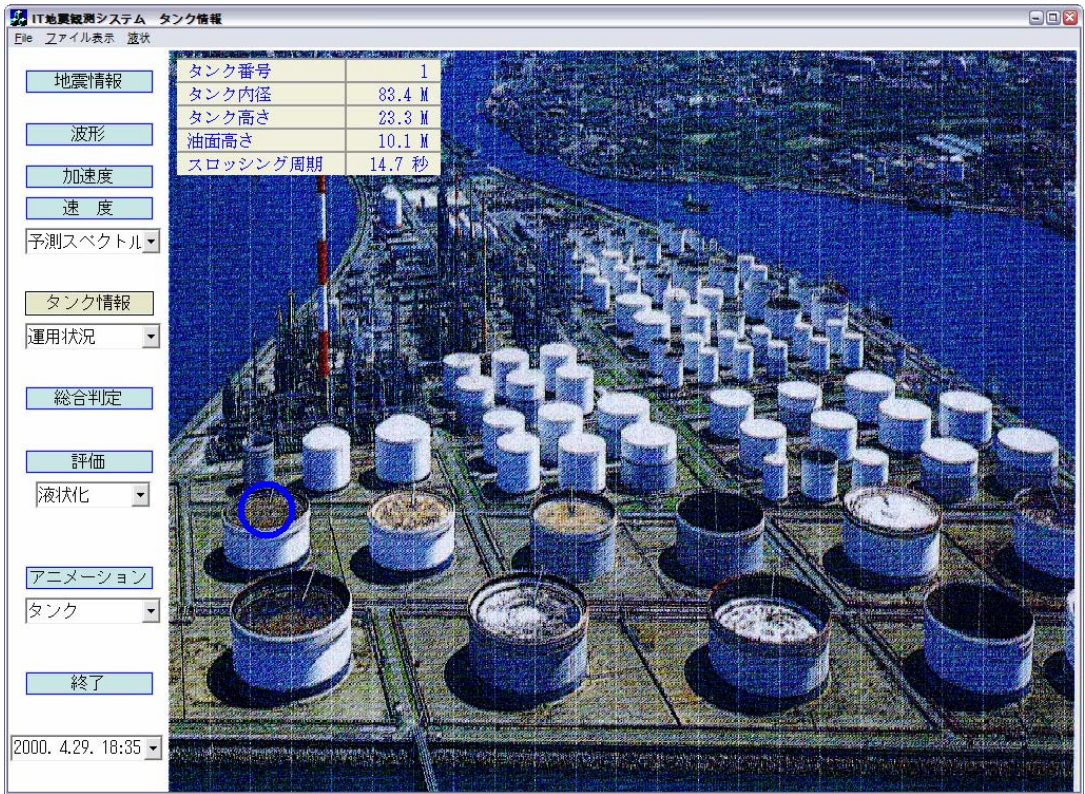


図 3-2 システム出力画面（タンク運用情報）

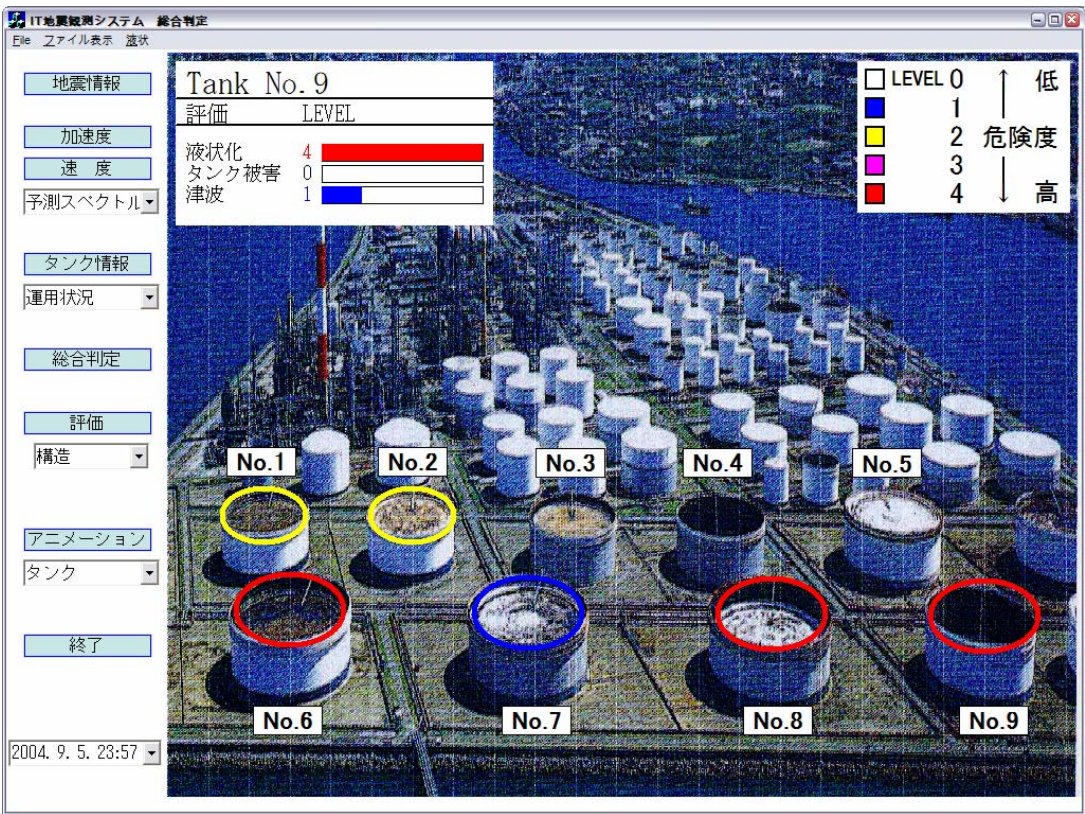


図 3-3 システム出力画面（総合判定・評価）