

出し、図2の多階層有向グラフを得た。レベル16の地震発生からレベル1の人的被害に関する項目までの波及構造が明らかにされた。なおISMの手順については参考文献2)を参照されたい。

(2) FTA³⁾ (Fault Tree Analysis) による被害要因分析……FTAは、解析の対象とする災害の発生を頂上事象としてその原因となる事象を段階的に明らかにし、ANDゲート(□)とORゲート(△)で結び付け、樹木状に図示したものである。ISMの結果得られた図2の多階層有向グラフに基づいて

構成したFTの一例として、ガス爆発を頂上事象とする部分FTを図3上に示す。事象の中で△のついているものは、別のFTでさらに分析を行ったことを表す。

(3) ETA³⁾ (Event Tree Analysis) による被害波及分析……ETAは、災害の発端となる初期事象から、安全手段の成否などによって分岐し、最後に災害事象に達する流れを図示したものである。地下街の防災設備・防災体制を詳細に検討したうえで構成したETAの一例として、ガス爆発を初期事象とするETAを図3下に示す。図中の数字は発生確率を試算したものである。

4. むすび 都市の耐震化は、ハード面とソフト面、短期的対策と長期的対策、など多くの側面から考える必要がある。本報では主として都市震害の現象の定性的理解に重きを置いたシステム分析について報告した。今後さらに、弱点項目の抽出や定量的把握を狙った分析を進める方針である。

表2 地下街における地震災害関連項目

項目	項目	項目	項目
1 地震動 (M _s 3.0, 地震動種別)	20 避難経路確保 (エレベーター等)	39 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	48 交通機関マヒ
2 地震震度	21 非構造部材損傷	40 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	49 災害時の避難経路確保
3 地震被害発生	22 通風の断絶・汚染	41 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	50 避難経路確保 (エレベーター等)
4 避難 (避難経路、避難時間)	23 地下街閉鎖	42 通風の断絶・汚染	51 災害対応能力
5 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	24 地下街閉鎖	25 出口閉鎖	52 避難経路確保 (エレベーター等)
6 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	26 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	27 ガス使用状況	53 避難経路確保 (エレベーター等)
7 地下街閉鎖 (延長時間、避難時間)	28 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	28 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	54 避難経路確保 (エレベーター等)
8 地下街閉鎖 (延長時間、避難時間)	29 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	29 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	55 避難経路確保 (エレベーター等)
9 通風の断絶・汚染	30 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	30 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	56 避難経路確保 (エレベーター等)
10 ビル地下階との連絡 (数、分岐、避難時間)	31 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	31 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	57 避難経路確保 (エレベーター等)
11 交通機関との連絡 (数、分岐、避難時間)	32 通風の断絶・汚染	32 通風の断絶・汚染	58 避難経路確保 (エレベーター等)
12 地上連絡口 (数、分岐、避難時間)	33 地下街閉鎖	33 地下街閉鎖	59 避難経路確保 (エレベーター等)
13 通風の断絶・汚染 (数、分岐、避難時間)	34 地下街閉鎖	34 地下街閉鎖	60 避難経路確保 (エレベーター等)
14 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	35 出口閉鎖	35 出口閉鎖	61 避難経路確保 (エレベーター等)
15 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	36 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	36 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	62 避難経路確保 (エレベーター等)
16 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	37 ガス使用状況	37 ガス使用状況	63 避難経路確保 (エレベーター等)
17 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	38 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	38 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	64 避難経路確保 (エレベーター等)
18 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	39 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	39 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	65 避難経路確保 (エレベーター等)
19 避難経路・分岐 (避難経路、避難時間)	40 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	40 防火設備損傷 (スプリンクラー等)	66 避難経路確保 (エレベーター等)

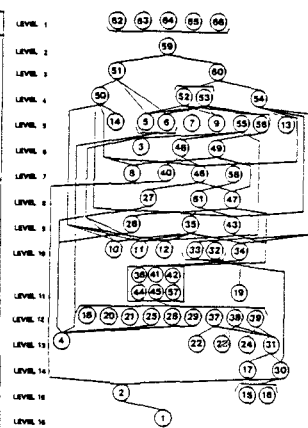


図2 ISMによる多階層有向グラフ (番号は表2に対応)

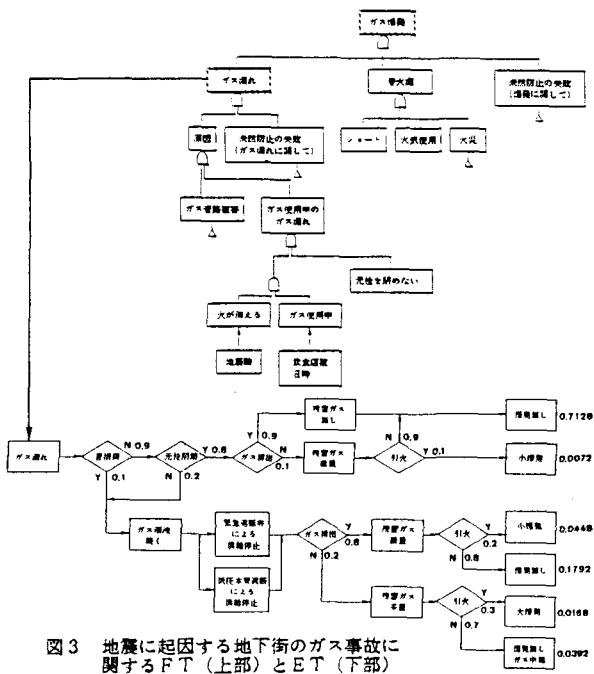


図3 地震に起因する地下街のガス事故に関するFT (上部) とETA (下部)

参考文献 1) 亀田弘行・岩井哲・北原昭男・能島暢呂：都市耐震のための研究領域の分析，土木学会関西支部都市防災シンポジウム講演集，pp. 207-216，1987. 10.
2) 吉川和弘：新体系土木工学52 土木計画のシステム分析，pp. 29-56，技報堂出版，1980.
3) Ang and Tang, "Probability Concept in Engineering Planning and Design, Vol. 2 - Decision, Risk, and Reliability", pp. 485-504, John Wiley & Sons, Inc., 1975.