

東京における地震に関する地域危険度測定調査について

— 総合化に向けて —

1. はじめに
2. 地盤
3. 建物危険度
4. 人的危険度
5. 火災危険度
6. 避難危険度
7. ライフライン
8. 総合化
9. 前提条件の在り方
10. 各指標の調査単位

望月利男*

要 約

この小論は、平成1年度より実施されている「東京都全域の地震に関する地域危険度測定」調査および条例により約5年間隔で実施される同上調査のあり方に対する私見である。

まず、調査の“基本的事項”として現調査で位置付けられている「測定指標の地盤・建物・人的・火災・避難・ライフライン、および総合化の各危険度の調査とその結果の表現」のあり方について記した。また、調査に当たっての「前提条件」、上記「各指標の調査単位(エリア)」について、これまでの作業との関連で考え方を示した。

さらに変則的ではあるが英文要約として「地震に関する地域危険度評価手法の提案」として、筆者の考えている評価システム概念図を示した。基本的にはデータベースからディスプレイ(output)までの一連のシステム構築の必要性、そしてそのシステムはいかなる前提条件にも対応できることの重要性を表現している。

1. はじめに

本年度より実施の地域危険度測定で対象とする個々の項目の危険度と、併行して実施されている被害想定で収集する資料、作業プロセス等は相互補完を加え最大限に活用されるべきであろう。地域危険度測定と被害想定との目的やそれに基づく地域表示法の相違等は、すでにしばしば議論されて

きたところであり、ここではその基本には触れないが、両者にとって必要な資料、それをういた作業プロセスには共通する部分が少なからずあり、基本的に試考すべき重大な課題、例えば危険度の総合評価など(この問題をはじめ、期限付き作業においては最後の最後まで残ると考えられる諸課題であろう)、いずれの作業時においても危険度測定の根底にかかわるテーマがあるからだ。以下、

*東京都立大学都市研究センター

幾つかの項目について現時点までに考えられる地域危険度指標の在り方の基本的概念を示す。

2. 地盤

地盤条件によるゾーニングにおいては、まずメッシュ等にとらわれず、可能な限り工学的基盤（長周期構造物が現在または近い将来対象となるところでは地震基盤まで）、その深さ、主として表層地盤の動特性ならびに地変に関係する諸々の要因を考慮したマップ表示（メッシュ区分ではない）および地盤モデル表示すべきであろう。このとき現在は市街化しておらずとも比較的将来事業化される、あるいは計画化されうる可能性のある地域も対象となる。多摩の第2回測定（1987年公表）では、地形の細分類に準ずる措置として250メートルメッシュも併用されたが（主として宅造地）、ともあれ最初に500メートルメッシュありきで、その中の面積比等で代表地盤モデルを決定することは、例えば谷底と台地の境界を含むメッシュや液状化危険度メッシュの広がりあるいはその影響を考える際に不都合を生ずる。本来、地盤区分図は、使用目的により様々な要表の組み合わせが考えられるから、データベース化し様々な型（組み合わせ）でoutputしうるシステムを構築することが望まれる。また、危険度は基本的に弾性周波数応答特性（その地域の土地利用特性を加味する、例えばおおよその建物構造や規模<主として階数>分布などを含む）、様々な地盤災害ポテンシャルを考慮して最終的には500メートルメッシュで大分類して示すことになろう。ただし、レポートの中には、上記した様々なレベル（要素およびそれらの組み合わせ）のマップと地盤構造モデルを示しておく必要がある。それは都市を構成する諸々のシステムの何にとつての地盤危険度かを1枚の地図等で表現することは、現段階では到底困難と考えるからでもある。とはいえ、今後の測定においてできるだけ多くの上記システムからみた「地盤の総合危険度」とは何か、それをどのように表現すべきかを考えていくことは極めて重要であろう。最も簡単には、ある入力地震波に

対する地表最大加速度と地変危険度ポテンシャルの組み合わせということになるのだが、それではあまりにも単純すぎる。

3. 建物危険度

これまでの地域危険度測定で最も問題にされてきたのは、構造種で木造、鉄骨造（戸建住宅のみ一応考慮してきたに過ぎない）、鉄筋コンクリート造（中高層は対象外）の危険度ポテンシャルを規模のちがいを考えずに棟数を単位として指標化したことである。地域の財産損失危険度ポテンシャル等の一部として建築物被害危険度を表すためには、どうしても地域がもつ建物資産およびその損害確率（ポテンシャル）を推定する努力が不可欠であろう。現在行われている被害想定作業では、上記3種の構造別、階数別、ある程度用途を考えた棟数被害の予測も行うことを目標としてはいるが、棟数被害予測の域を出ないと思われる。どのような方法を用いるにしろ、このようなマクロ調査で、被害をうける危険度の高い建物の特定化（固有名詞的）はできない。したがって地域がもつ建築資産を解析可能な種目（構造、大分類用途など）に分類し、おおまかな均らしの資産額に読み変え（求め）るプロセスを今後は導入されたい。この場合、建築物の資産価値とは、どの範囲まで含めるか（内容物）が大きな問題となるが、我が国で一般に考えられる被害モードからすれば、建築物本体（箱物）の貨幣価値に限定してよいと考える。この種の作業で最も問題になるのは、資料が例えば500メートルメッシュ単位といった小エリアごとにプライバシーを侵さない範囲で収集できるかということである。マクロ推定のための統計資料はかなりあるが、基本（最重要）資料は課税台帳における記載事項である。筆者は、これまでの体験から構造別、大分類用途区分ごとの建築延面積程度までなら提供していただけるのではないかと推測している（統計処理するというだけで、町丁目単位で構造・規模・大分類用途別評価額まで提供していただくことが理想だが）。とすれば、その他の様々な統計資料と組み合わせ、あ

るいは、補正係数的な数値を工夫するなどを試考することにより、建物の貨幣価値換算はある程度可能となるから、建物の均らしの損壊地域危険度を統一的な指標で推測したいと考えている。

もう一つの問題点は、住宅の損壊額（集合住宅ユニットまたは棟など）と事業所等のそれを同一に扱ってよいかである。現在、ライフラインが対象事項に取り上げられることになったが、生活機能支障の最上位は、ホームレスのはずであり、居住の場の喪失は単に財産損失以上の重みがあるようにも考えられ、慎重な議論を要しよう。なお、地域により建物の大破等の被害が様々な構造種ごとに起こりうるケースを考えるということは、入力レベルもそれに対応する大きさを想定することを意味する。また地域危険度の算定手法については、基本的には被害想定作業、結果（互換的）が最大限に活用されよう。ただし、入力波とそのレベルは再検討する必要がある。なお、各メッシュの被災危険度額、現在の所有資産額等を用い、指標を無次元化することも考えられる。この場合、上記したように住宅地とビジネスブロック等、土地利用特性（資産の質と量）が全く異なる地域相互の危険度の評価をどう考えるかの重大な検討課題は残る（危険度測定の目的から）。

4. 人的危険度

入力レベルを特定化すれば、主として、震動による直接的な人的被害ポテンシャルは、火災に次ぎ地震発生の時間帯や平日か休日かに強く規定される。これまでは、地表最加速度と昼間または夜間人口という極めて単純な要因を用い、それぞれを比数化して地域危険度ポテンシャル（無次元）表現にした。これは、結果として1978年宮城県沖地震での仙台市の人的被害が極めて単純な要因で（主として物的被害）で説明できたことによる。現在、被害想定作業で人的被害の検討を進行中であり、その結果を待って、物的被害、地域特性等との係わりをどこまで組み込めるかを改めて提案したいと考えているが現時点までの検討で記述できる範囲にかぎり基本的な考え方を示す。

主として震動による人的被害危険度もまた、地域（用途等）特性と強く関連付けられるはずである。ここに、地域特性とは、①主として戸建住宅地域（エリアとしての年代〈新・旧〉区分を考える必要あり）、②集合住宅地域、③商業等の業務を主体とする地域（駅周辺や盛り場など）、④ビジネスブロック（事務所等が主体をなすオフィス街）などである。このように地域区分を考えるのは、人的被害の主要原因が上記の地域ごとに異なるからである。例えば、①では建物自体の損壊（特に旧）、ブロック塀等の倒壊、屋根瓦等の落下物、崖等の崩壊（地域は特定化される）、家具等の移動・転倒、さらには高・幼年層・女性人口比（新・旧や発震の時間帯と関連する）が高いことによる上記の諸原因による死傷発生確率の高さに加え、ゆれ中の人間行動等にもとづく死傷などで人的被害モードが特徴づけられよう。③では特にビル落下物や移動・滞留人口密度の高さにもとづく混乱が人的被害危険度（ポテンシャル）をより高くすることは容易に推測できる。恐らく昼間人口密度が著しく高いとはいえず④の人的危険度は、かなり低い側にあると評価しても、異論は少ないだろう。

すなわち、物的被害危険度、地域特性（用途）、属性や動態を考慮した人口密度の組み合わせで人的危険度を表すことでこれまでの測定における指標を改善することは可能であろう。なお、現在、原因別人的被害の定量化（あるいはオーダー）をどこまで詰められるかを検討中であり、少なくとも地域がもつ人的被害ポテンシャルの相対評価において、その成果は活用しようと考えている。

5. 火災危険度

地域単位ごとの出火・延焼危険度の総合化は、理論的には確率問題に帰着するので問題ないといわれている。ただし、財産の滅失危険度ポテンシャルの視座から建築のそれに合わせる（総合評価のために）ことを考えるべきであろう。その場合の精度は多分に建築のそれより更にラフにならざるを得ないと思われるが、このような試行

(算)が全くなされてこなかったわけではない。その1つは、建設省が河川改修のために行ってきた治水経済(河川経済)調査手法であり、比較的最近では、「多摩川治水経済調査報告書 昭和61年3月 建設省関東地方建設局京浜工事事務所」を見る機会をえた。この手法の説明は省略するが、担当者もその精度には満足しておらず、なお level up を期している。この手法の最も困難な問題点は、想定氾濫地域内資産の将来予測まで行わなければならない点にある。精度の問題はともあれ、今後、地震水害をも考えるとしたら、直接的に参考になる手法ともいえる(少なくともたたき台として)。地震火災の直接被害額の計量化(推定)で、特に参考になるのは「建設省総合技術開発プロジェクト 都市防火対策手法の開発報告書、建設省1982」における延焼想定市街地の土地利用による推計手法と考える。ただしこれも年月が過っており、想定被害額の算出に係わる係数や説明変数に十分な検討を加える必要がある。

6. 避難危険度

最近の避難困難度の評価手法は、仮定条件が著しく多いという問題点はあるが、精緻であったと評価する。とはいえ、基本的に避難場所、避難収容人口が、コンクリートに規定されており、各メッシュの夜間人口のみ採用していることから地震発生時間帯も暗黙のうちに規定されている(夜間あるいは休日)。しかし、地域の危険度を確率的に評価する、あるいは被害想定との整合性(広域延焼火災危険度が低いとすれば、避難の重みは著しく低くなるはずだし、冬の日の夕方なる条件は、著しく火災危険度を重視する立場で設定されている)は考えないわけにはいかないだろう。すなわち、昼間人口および流出入人口(人口移動)をも考慮した危険度測定を実施する必要がある。いずれの結果も表現方法は工夫を要する。当該地域(メッシュ)の危険度が、その地域の特性にほとんどよらず、広域避難場所までの距離と途中の地域特性(被災態様を含む)で規定されるからであり、この状況をどのように解り易く表現す

るかである。少なくとも危険度ランクの高い地域は、そのように判定されたプロセス(事由)が地元行政のみならず住民にもわかるよう表示(図示)すべきであろう。明らかに、都市防災化の第1義的目標である人的被害軽減に圧倒的な強さで反映される項目であるからだ。

7. ライフライン

住民・地元行政サイドおよび諸々のシステムの管理者の側からも、これまでの測定の「地域」の概念を当該地域から、相当な遠方(広域)まで拡張する点では、前記の「避難」の比ではなく、従来の地域危険度測定の、いわば共通的ともいえるコンセプトを基本的に変える必要のあるテーマと考える。しかし、このような課題をクリアーしていくことにより、ミクロからマクロエリアへ、あるいはその逆といった都市システム(構造)からみたトータルとしての地域危険度測定への展開の途が開けるのであり、この項目を取り組むことは、この調査に新機軸を画することになると位置づけたい。住民の側(地域という面の広がり)からいえば、この生活困難度を例えば、水・ガス・電気等住居内の日常生活への影響に限定すれば、生活(活動)レベルの低下度とその継続期間の積として捉える事が考えられる。食事、用便、洗濯、洗面、入浴など(*1)を生活活動の項目とし、それぞれの項目について、ライフライン障害の影響を算定したものを個別影響度と呼べば、

個別影響度 = (日常レベルに比べての生活活動の低下) × (低下の継続期間)

また、一つの世帯が被る影響の全体を表す指標として、総合影響度と呼び、次のように定義する。

総合影響度 = $\sum [(重要度係数) \times (\text{個別影響度})]$

ここに i は上記の(*1)の各項目に対応し、重要度係数は(*1)のそれぞれに重みをつけることになる(日常生活での支障度の順位付け、代替手段を考慮するなど)。また、影響度は「非常に困った」など既往のアンケートの設問(回答)を、「全くできない」～「日常生活(普段と同じ)ど

おり」など幾段階かにランク付けし、それぞれに評価点を与えることになろう（下記の被害調査結果を参考とする）。影響度は、上記の要素のほか世帯のもつ様々な特性によって支配される。具体的な項目としては、i) 世帯員の構成、ii) 住宅の種類：戸建ち～高層共同住宅の上階まで、などである。また、地域レベルでは、それらの密集度の程度などであり、現在実施中の被害想定での収集資料や補完的統計資料の収集などで上記した種類のライフラインの停止とそれぞれ期間が、ある程度地域的に予測できれば（相対評価でもよい）、それにとまなう生活障害ポテンシャルの相対的地域評価は可能と考える。なお、この項は塩野計司氏（本センター兼任研究員；東京都立大学工学部土木工学科）が筆者らとの議論をもちながら、基本的に開発した手法であり、同氏は1983年日本海中部地震の能代市、1987年千葉県東方沖地震の被災地で、この手法によるアンケート調査を実施し、その一部を報告している。例えば、「ライフライン系震害による市民生活への影響調査法、地震災害事象の通信・面接・現地調査法にもとづく組織的研究、文部省科学研究費（No. 59020002）報告、研究代表者 太田 裕、1987」、「ライフライン震害の住民生活への影響—電気・水道・ガスの供給停止と住民生活—、総合都市研究 第32号 1987」、「ライフライン震害の住民生活への影響—1987年千葉県東方沖地震を例とした計量的分析—、総合都市研究 第35号 1988」。以上の3編が塩野計司氏の直接的関連論文であり、現在実施中の測定に際し有用と考える。さらに、これらの危険度の様々な業務（狭い意味での生活以外の活動）への影響をどの様に評価するかも検討課題である。

一方、管理者サイドで問題になるのは、被災発生場所とその規模（主として核施設）、被災箇所数（主として幹線施設、低次施設）と思われるが、特に核施設と幹線の危険箇所は東京区市町村内に限定されない。このことが従来方式の地域危険度表現を一段と困難にする。すなわち、この事項も「避難」と同様あるいはそれ以上にマクロ（広域ネットワークを含む）表示からミクロな地域表示まで統一地図表示できるかどうか慎重な検討が要

求される。さらには、建物内容物などを含む高度情報システムは今日および近未来のTokyoの機能の根幹をなすものであり、その危険度をどのように評価するかも、避けるわけにはいかない重大な課題である（特に都心区など）。

8. 総合化

東京は巨大なシステムであり、サブシステムである人が住み、社会経済活動等を行い内部的に相互関連をもちながら国内外に多大な影響を及ぼしている。「地域危険度の総合化」に応えるためには、「都市とは何か（特に東京）」について、それを構成するサブシステム（要素）を大胆に簡略化し、可能なかぎり少数のサブシステムに絞り込み、これをモデル化することが、その第1歩である。このような考え方で都市（東京）のサブシステムを挙げれば、自然環境（条件）、人、物的施設（住宅・産業施設・物流を含む様々なライフライン施設など）などであり、そのいずれのサブシステムが大きな損傷をうけても、復旧に至るまでシステム（東京）の機能は大きく低下する。今日の東京がもつ機能の重大さは、1923年関東大地震時の比ではない。このような視座からすれば、東京というエリアの機能損失（復旧に最も大きな費用と期間を要するサブシステムの被害）危険度指標に様々なレベルの影響により適度な重み付けをして地域危険度を総合評価することも一つの考え方であろう。ということは、単に500メートルメッシュ等で地域危険度をみるのではなく、東京全域で防災投資効果を考えることにも通ずる。例えば前回の測定では多摩地域の危険度は全般的に23区に比べ、著しく低いですが、そこに住む人が都心で重要な機能を担っており、ホームレス、前記のライフライン損傷による生活機能障害、交通手段の損傷などで職場に行けないなどのケースは多発するだろう。そのようなことはこの調査目的からいって考えなくてもよいという意見も当然あると思われるが、多核心型都市づくり構想やウォーターフロントの開発による職住接近などは、防災の観点からも極めて重大な意味をもっている（ミクロエ

リアの単位の発想のみからではアプローチできない)。また、このようにマクロな視座からの試考(行)を行わないかぎり、都心等の業務地域から住宅地域、そして多摩西部までを統一危険度指標で測定・表示(マップ化)することには無理があると考える。

9. 前提条件の在り方

想定地震は関東大地震級ということによいであろう。それは、様々な地震被害事象が入力レベルの大きさで規定されるからであり、しかも東京全区市町村といったかなり大きな広がり対象になっているからでもある。とはいえ、基本的に大地震に対し、全東京エリアにあって様々な特性をもつ地域が、危険度の総合評価の目標(巨大都市東京に対するトータルな視座からの危険度測定のゴール)からみて、どのような脆弱性をもつかを自然条件(特に表層地盤特性)から土地利用特性等まで包括的に評価することが目的であるから、震源を固定し、入力距離減衰を考えることは不要である。震源を特定(固定)しない関東大地震級とは、解り難い表現ではあるが具体的には、平均的な、あるいは東京圏の相対的に大きな面積を占めるエリアの工学的基盤上で最大加速度100 g a l程度の地震動を考えると表現でよいではないか。この最大加速度100 g a lは、震源距離による補正は不要だが、統一的な工学的基盤の設定が困難な(現在実施中の被害想定における作業プロセスから)であるから、基盤の物理的特性により補正することになる。ところで現在実施されている被害想定作業では1968年十勝沖地震での八戸港での強震観測記録を入力波として用いているが、観測波にはどうしても周波数特性等にその震源からパス、そしてサイトの地層構造で主として規定される“くせ”がある(地震規模は妥当だが)。したがって応答解析が必要な対象に対しては平均的地震波像(人工地震波を含む)、あるいは数種の入力波を考えるなどの必要があろう。その場合、マグニチュード8級、あるいはどこが震源となるか現状では予測できないが近地内陸型

(直下)地震を考えるとすればマグニチュード7級に対応する地震波を想定するなどである(ある程度、短周期の波の成分を重視し、入力最大加速度を高めに設定するなど)。ただし、後者においてもここでいう工学的基盤での入力波のレベルに震源距離による差異は現段階では考え難い。

次に、地震発生の季節、平日か休日か、その時間帯をどう考えるかについて考える。基本的には、危険度を測定する対象(測定指標としてとり上げる事項)にとって最悪な時ということになる。それは火災(出火・延焼)、それにともなう避難の問題から、冬の平日の夕方が全体的には暗黙の了解事項となろう。地域の脆弱性(ポテンシャル)を相対的・確率的に評価すればよいのだから、との考え方から、それはどうでもよいとの意見もあろうが、従来の被害想定における火災にともなう物的・人的損失被害の占める割合は、あまりにも重い。そして、前述したように避難危険度を考える場合、東京行政管轄圏内に居住する人口(夜間人口)がどのように分布している時間帯が最も危険度が高いのか、についての検討に加え、それ以外からの流入・滞留人口をどう考えるのかの議論も必要である。その他、ビル落下物(本来、屋根瓦なども含まれるべき)、ブロック塀、崖、擁壁、化学的危険物等を人的被害要因と考えれば、土地利用(地域特性)と人口(移動・滞留人口を含む)分布、地震の発生時のからみについては、相当にきめの細かい配慮が必要である。

10. 各指標の調査単位

調査の単位とoutputの単位は、今後の測定の大きな課題である。地域危険度調査の目的が第1義的には長期的かつ地域に即した防災化施策(投資)の実施の順位を決めることにあっても、それは今日あるいは近未来的な東京(大東京圏)の国内外的な重み(位置)、全体の都市づくり構想(全体像)を深く意識して作業を進めること、ならびにoutputの在り方を議論すべきであろう。一方、outputの単位、表現は過去2回の測定と比較しうるものとする行政上の強い要望があると

すれば、それは考慮せざるをえない（従来の表現に近い500メートルメッシュマップの作成）。

各指標の調査単位は、それぞれの視点や資料の精度（資や量）で異なるであろうことは既に述べた。また各指標の測定においては質の異なる対象や精粗さまざまな結果をまず統一指標で表す困難

で大きな課題に挑戦しなければならない。また、避難やライフラインのように本来的に調査が困難で、統一的な地域表示に馴染み難い項目もある。そのような様々な残された課題は多いが、一応500メートルメッシュで各指標を図化することを原則としたい。

Key Words (キー・ワード)

Seismic Risk (地震危険度), Disaster Prevention Plan (防災計画), Metropolitan Functions (首都機能), Initial Conditions (前提条件), Disaster Prevention Administration (防災行政)

Proposal for an Overall Areal Seismic Risk Potential Estimation Method

Toshio Mochizuki*

*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No. 38, 1989, pp.179–187

1. Overall System for the Estimation of Areal Seismic Risk Potential

Both national and local governments are developing various seismic microzoning programs for the estimation of the so-called "seismic risk" of an area. The primary objective of this work is to formulate and implement appropriate disaster prevention plans for the areas concerned to prepare for the anticipated Great Tokai and South Kanto Earthquakes.

The factors involved in such an estimation are diverse and include quantifying seismic risk of liquefaction, building collapse and the risk of fire spreading but these tend to be evaluated independently. Tokyo, New York, and London are characterized by (1) concentration of a large population, and (2) highly developed socio-economic activities, and internally are considered huge systems in which various phenomena are interconnected with great complexity, giving rise to large effects on neighboring areas, also. To prevent or alleviate disasters in such urban areas, therefore, it is necessary to estimate seismic risk potential and discuss disaster prevention measures integrally from the viewpoint of loss of metropolitan functions. To this end, the first step will be to conceive a model of urban systems that represents in a concise form the components (subsystems: natural environment, people, urban facilities, etc.) of this huge system, their mutual relationship and their effects on external elements (other systems). It is then necessary to estimate an integral seismic risk potential for the entire system by an element analysis based on this model. This should indicate which elements cause the urban system to lose function and by how much, and give an appropriate weighting to each. An important issue in this kind of estimation, however, is the determination of respective seismic risk estimation for areas with totally different land utilization (quality and quantity of assets), a residential area versus a business sector, for example.

2. Proposal for an Areal Seismic Risk Potential Estimation System

In order to make an estimation of seismic risk as described in 1. above, it is necessary, by trial and error, to establish a method of integrating and estimating seismic risk potential which has not been previously attempted methodologically and weigh each estimated factor. Our proposal is to set up the estimation system for seismic risk potential shown in Fig. 1.

This system incorporates the following functions. (1) Various data on buildings, population, ground structure, etc. (2) Various analytical functions to calculate the parameters needed for estimating seismic risk potential including response analysis, spread-of-fire simulations, etc. (3) Functions to estimate seismic risk potential by making use of the various databases, knowledge bases and analyses. (4) Display/output functions that plot estimated results of estimating areal seismic risk potential. (6) User interface functions that allow initial conditions to be input and explain the estimated results.

This is a general purpose system which should be applicable to any area and various estimation methods by the revision of data related to conditions and methods of estimation. The development of such a system is considered helpful in improving basic studies and disaster prevention administration.

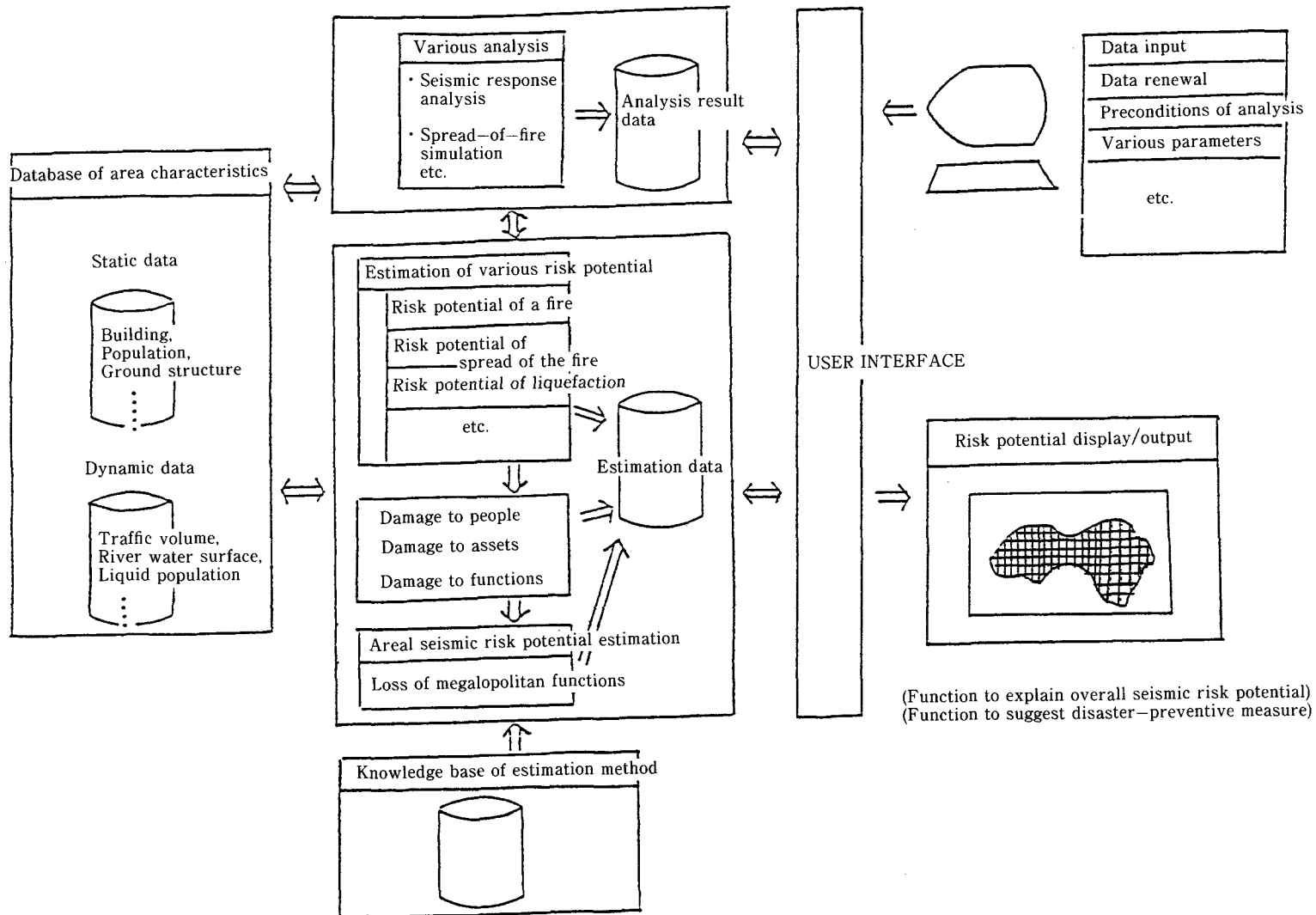


Fig.1 Concept of Areal Seismic Risk Potential Estimation System

望月：東京における地震に関する地域危険度測定調査について