震災関連疾患のシミュレーションモデル（１）

－定式化と１９９５年兵庫県南部地震との対比試算－

A Simulation Model on Onset of Earthquake-related Diseases (1)

-Formulation and Test for 1995 Kobe Earthquake, Japan-

太田　裕
Yutaka OHTA
東濃地震科学研究所
Tono Research Institute of Earthquake Science, Mizunami, Japan
和藤　幸弘
Yukihiro WATOH
金沢医科大学
Kanazawa Medical University, Kanazawa, Japan

In the recognition that earthquake impacts on humans should widely be explored over traditional earthquake engineering which deals mostly with immediate casualty-specific issues, we have started a series of studies on earthquake-related diseases. This paper, as the first, attempts to develop a simulation model by which onset characteristics of earthquake-related diseases can be traced. The essential module of the model is equipped to simulate the onsets of diseases as a non-stationary Poisson process activated at a significant earthquake. Major factors considered for simulating the onset of earthquake-related diseases are, first of all, seismic intensity as the symbolic index to scale seismic input severity, and a time-dependent function to describe ups-and-downs of onset rates with elapsed time and a severity distribution function of diseases ranging up to death.

A comparison test with fact data on earthquake-related deaths in the most devastated area of Kobe City in the 1955 Hyogoken-Nanbu earthquake was made sufficiently. The developed model was found effective for figuring out the occurrence pattern of earthquake-related diseases inclusive of deaths. We are in the belief that this series of studies will take an important role for developing the protection strategies against human diseases suffered by earthquakes.

Key Words *Earthquake-related diseases, Simulation model, Non-stationary Poisson process, 1995 Kobe earthquake,*

１．はじめに

地震に伴う人間被害について従来の扱いを大きく越えた幅広い視点で考究すべきことを強く認識する中で，「震災関連疾患」に関する定量評価に向けたシリーズ研究を立ち上げた．その第１報である本論では，まず地震に伴う人間被害研究の背景を概観し，その中で震災関連疾患問題研究の重要性を述べる．次いで地震に伴う関連疾患発症の一般関係を記

述するためのシミュレーションモデル構築を行う．その上でモデルの有用性を検証すべく1995年兵庫県南部地震（以降，神戸の地震と略称）時の実資料との対比を試みる．

従来，地震に伴う人間被害といった場合，地震（工）学関係者は外因性－外科的－疾患，特に地震の最中・直後の死傷（Casualty）を主な対象としてきた．しかし，これは人間被害の一部に過ぎず，地震に伴ってさらに種々の内因性疾患が発生し，基礎・原疾患の悪化をもたらす．こういった人間被害の多様性（拡がりと深さ）については，本論のシリーズとは別に筆者等は医学文献の検索・分析という視点から研究を進めてきている［太田・野添・榊原（印刷中）］．その結果，特に伝統地震工学・地震防災学の枠内でみると，直後の死傷に代表される外因性疾患については，外力となる地震動強さ（震度）との関係を起点とした定量分析がかなり進んでいる一方で，内因性疾患－代表が震災関連死－に関する定量研究はほとんど手付かずのままとなっていることが浮き彫りにされた．塩野・小川（1999），Ogawa et al(2000)等の研究が疾患種限定の下で定量・時系列的分析を行った僅かな事例となっている．人間被害のトータルな地震防災を考える場合，このような知見の欠落・片寄りは見過ごしには出来ない．本論はこうった，従来の狭い視点からの脱却を計るきっかけのひとつともなればとの思いに発した研究でもある．

したがって，このシリーズが目的とするところは

・震災関連疾患モデルを構築すること，その際，［平常時～地震時］の疾患発生を一連の事象として統一的に捉えることの可能なモデル構築を心がけること，
・モデルの有用性を実資料との対比によって検証すること

にあり，その自然の発展として

・人間被害の低減に向けて「質」の向上を計ること，すなわち現有の外科的疾患（死傷）重視の防災諸対応見直しに基礎知見を提供すること

等々にある．

なお，地震関連疾患そのものの定義・分類等について相応の説明が必要であり，また議論の多いところであるが，ここでは『地震を起因として発生する外因性（死傷）疾患-主に外科（Sergery，Sergical Medicine）的-と内因性疾患-内科（Internal Medicine）的－の2大疾患群とする』簡単な枠組みで話を進めることとする．

２．関連疾患（関連死）に関する既往知見

シミュレーションモデルの構築に先立って，既往知見を整理しておくことが肝要となる．その過程で関係（するであろう）因子の発症への重要度・定量化表現の難易度を勘案しながら，どのような因子をモデルに取り込むべきかについて考察し，判断へとつなげていく準備を行う．

われわれが震災関連疾患として知るところは限定的であり，定性的なものである．本論に関係する（であろう）知見は［上田（1997），上田（2005），苅尾（2000）等］を参照することで以下のように取りまとめられる*．地震の最中・直後に発生する外科的疾患（死傷）との対比でみていただきたい．

---

* 当該文献は本論の展開に際して重要であり，以降も随所で参照している．

①発症の多くは地震後の瞬時ではない.発症期間は地震襲来から数週間～数ケ月という長期にわたることが普通である†.
②発症自体はかなり“稀な”事象である.地震後［重症：10^{-2}，関連死 10^{-4}］（人/日）程度の値が実資料から読み取れる.
③発症要因は多岐にわたるが，第１の外因として外力である地震のユレ（但し，震度 IV 以上）があり，その結果として誘発される種々の物理被害［住家被害，LL 系被害，生活被害（QOL 劣化）］等々に依拠して発生する.
④関連死が直接死（Sudden Deaths）の数 10％に達する場合もある（1995 神戸の地震）.稀に［直接死＜関連死］となる場合もある（2004 新潟県中越地震）.

以上を踏まえ，直接（外科的）疾患との違いを一言でいえば以下のようになろう．すなわち，直接疾患が外力である地震の襲来に瞬間的かつ即応的－運動力学的－に発生する．このことから，直接疾患は地震力（＝震度）を主外力とした形で—住家等の破壊を媒介とするものの—定量モデル化が進められることとなり，関係研究の先行を可能としている．これに対して間接疾患（内科的）の多くは地震襲来を時間原点としながらも地震のユレのみならず，地震に起因する種々の，時間遅れをもつ被害事象を誘引して継続的に発生する—加算・複合的—といった特徴をもっている．そして，こういった込み入った背景が関連疾患の定量モデル化を至難としている.

３．モデル化の考え方と構築

上述の既往（定性）知見を参照しながら，シミュレーションモデルを作成し，関連疾患研究における定量表現・評価への道を探索する.

１）モデル化の考え方—仮説と前提—

前述の，地震関連（内因性）疾患に関する既往知見を足がかりとしながらモデル化の方針を考え，定式化を試みる．いずれにせよ，発症自体が“滅多に起こらない”事象の範疇に属するところから，確率論的に進めるのが妥当に思われる．以下の，いくつかの仮定を導入し，定量モデルを作成する.

<u>内因性疾患の発症</u>　内因性疾患の発症を「時間的に稀に発生する事象を説明する確率モデルとし，その代表である Poisson 過程」として一貫記述する．ただし，発症確率自体は地震前を定常とし，地震襲来に伴って非定常状態に入るものと仮定する．地震後の発症としては［基礎（原）疾患の憎悪，新規発症］のいずれもが考えられる.

<u>発症内容の時間依存性：発症確率</u>　地震襲来を時間起点として発症確率が消長することとする［増大（悪化）する，極値に達する，定常状態に復帰する］等々.

<u>発症内容の時間依存性：重症度分布</u>　地震襲来を時間起点として重症度（密度）分布の内

†† 例外的に，ごく短期に発生する疾患として地震に起因する心臓発作（Heart Attack）があるが，別扱いが必要となり，当面本論の枠外としている.

容も発症確率と同様に消長することとする［悪化する（軽症から重症側にシフトする），極値に達する，定常状態に復帰する］．重症度は変動域［0-1］をもつ連続関数とし，離散値的には［健常的：0―0.2．軽症：0.2―0.4，中等症：0.4―0.6，重症：0.6―0.8，死亡：0.8―1.0］の通例扱いを継承する［太田（2006）］．

そして，発症内容決定の最大要因として地震（外力）－代表指標として「震度」－を考え，短～長期の住家他の物理被害による（悪）影響も震度が及ぼす効果として出来るだけ採り入れる．簡単なものからやや進んだものに向けていくつかのモデル構築を心がける．

２）モデルの構築

i）Poisson 過程と指数過程

Poisson 分布は「２項分布で定式化される確率事象において，考えている事象の発生確率が極端に低い場合の特異ケース」として定義される．これを時間経過の中でみたものが Poisson 過程であり，ある一定時間内の事象発生回数の度数分布を記述する確率関数として多用されている．このとき，事象間発生時間間隔もまた確率関数であり，これが指数関数で記述できることもよく知られている［例えば，石川（1983）］．本論に即していえば，以下のようになる．

すなわち，時間間隔（ｔ）において（ｋ）人の発症をみる，Poisson 過程下にある確率事象の確率は

$$p(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t}$$

とかけるが，これは時間間隔（ｔ）における発症確率が

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \tag{1}$$

の指数分布で与えられることと同等である．（λ）は単位時間当たりの［発症率／人］である．この同等性に鑑み，本論では時間間隔が指数分布となる乱数（指数乱数）を発生させることで Poisson 過程のシミュレーションを実現する．なお，考慮下にある人数を（n）人とすれば［λ=n・p］の関係にある．また，発症率（λ）は“滅多に起こらない事象”の発生率であり，平常時はかなり小さい値となっていることを繰り返しておく．実際の算定手順は以下のようになる．

①［0-1］間で一様乱数（Rnd 関数と呼称される）を発生させる．

②指数（分布）関数の逆関数を求め，一様乱数を指数乱数に変換する．式（1）から指数分布関数は

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t_i} f(t)dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

となる．したがって，逆関数は

$$t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \log\left\{1 - F(t)\right\}$$

とかける．ここで，$F(t)$ を Rnd 関数に置換する．このとき指数乱数の時間間隔（ｔ）は

以下の式で与えられる．

$$t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \log\left\{1 - \mathrm{Rnd}\right\} \tag{2}$$

すなわち，計算は一様乱数の生成の後，指数乱数への変換という簡単な操作で進められる．

ii）支配・影響因子の付与

次に，発症を左右する主な因子について考える．地震の襲来に起点をもつ事象であり，「震度」を第１要因とするのが順当であろう．関連して地震に伴う住家被害，LL 系被害等，生活場の環境劣化が誘因となる発症への影響も当然大きい筈であり，これら個々の要因も考慮すべきであろう．しかし，本論ではこれら生活場周りの諸被害を影響要因として明示的に取り込むことはしていない．理由は，震度を代表指標とすることで大局的には震度の関数－バルナラビリティ関数－として説明できることから，これらがもたらす発症への影響が震度という単一指標によってかなりの程度説明できるといった，暗黙の了解を採り入れる‡．これは当初モデルを複雑にし過ぎないことへの配慮でもある．次いで地震を時間起点とした発症率の時間変化－後続・遅効性－が重要となり，併行して重症度分布－発症内容の分布というべきか－とその時間変化が結果を大きく左右することが考えられる．これら３者を主たる影響要因と見做すことで話を進める．

①震度依存性

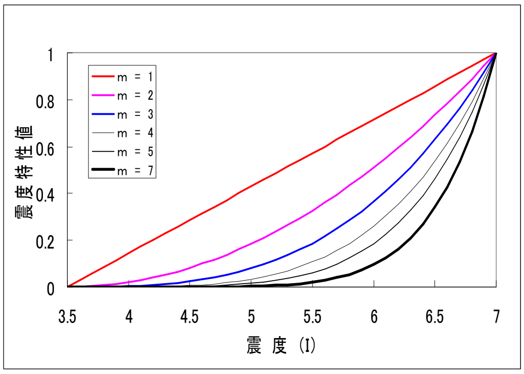
既往知見として確かなことは２点である．まず，発症に関与する震度下限値が存在し，この下限値を「震度 IV」程度とするのが妥当であること，そして震度が及ぼす発症内容（発症率，重症度分布）への影響は震度と共に急激に拡大（憎悪）することである．なお，震度と地震被害一般については同様の事実が熟知されており，地震と人間疾患の問題も整合的であるものと期待できる．このような性向を以下の震度依存関係式によって組み入れる．

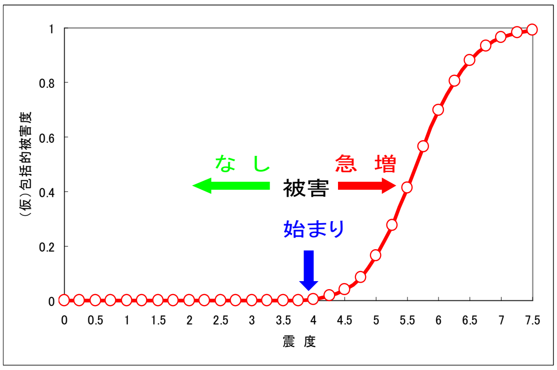
$$S(I) = \left(\frac{I - I_0}{I_0}\right)^m, \quad m \geq 1 \tag{3}$$

ここで，発症下限震度(I_0=3.5，震度 IV）を与えることとする．べき乗係数（m）は震度増大に伴う非線形的「事態の悪化」の度合いを表わす指標である．第１図(a)にこれを示しておく．べき乗係数がm=１から増大するにしたがって非線形性（特性値の急増）が顕著となる．第１図（b）はかって筆者の一人が気象庁「震度階級解説表」にのっとり，震度と種々の被害を包括した被害度を算定した結果の再掲である［太田（2005)］．ここでは震度 IV 以上において被害度が急増する様子を明瞭に示している．式（3）はこのような結果を背景として導入している．当然，m＞1 となろうが，特に震度 VI の領域に入ると係数（m）による効果が際だって大きくなる関係にあることを念頭におきながら，シミュレーションをきめ細かく実行しながら試行錯誤的に決めるほかはない．

---

‡事実，震度と住家被害－全壊率等－とが一意的に決まり，地震最中・直後の死傷発生がこれと高い相関（r=0.9）にあり，関連死（急性心筋梗塞による）ともかなりの相関（r=0.6）にあるといった報告もある［Ogawa et al(2000)］.また，苅尾（2000）は神戸の地震に伴う発症危険要因が家族の入院とか家屋の全壊をきたした場合，特段に高くなることを疫学的に論じている．





第 1 図 (a) 震度特性量　　(b) 包括的被害関数の再掲.

②発症率の時間変動性

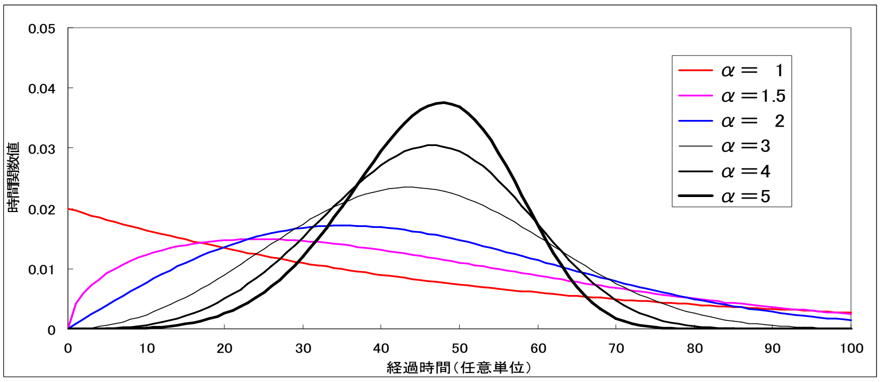
一般には地震前後で大きく変化（悪化，増大）するが，時間的には地震後次第に増大し，ある時間点で最大に達し，やがて地震前の状態（平常時）に復すという傾向をもつものと考えられる．この時間依存性変化を数式化しモデルに組み入れることとする．数式の実際は種々考えられる．以前，筆者等は地震後の世帯単位の生活の質（QOL）劣化に関する時間関数として

$$g(t) \propto t \cdot \exp\left\{-(t)^{\alpha}\right\}, \ \alpha > 0, \ t \geq 0$$

の簡単な関係を使い，地震が世帯の日常生活に及ぼす影響を種々議論した［Ohta・Okada (1989)，太田・岡田（1989，1999）］．ここでは，これに類似する関係式として，さらに適用性の高い Weibull による確率（密度）関係式を使うこととした．一般式は

$$G(t) = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right\}, \beta > 0, \ \alpha > 0, \ t \geq 0 \qquad (4)$$

とかける．ここでパラメータ（α）は形状母数（Shape parameter），（β）は尺度母数（Scale parameter）と呼ばれる媒介変数であり，これら母数群を種々変えることで時間変化の多様性を表現できる．第 2 図に概形を示しておく．



第 2 図 Weibull（密度）関数の事例．尺度母数 β＝50 とした場合．

③重症度分布

本論では疾病の尺度として［0（健常）－1（完全死亡］[§]からなる連続量表示を仮定している．この条件を充たす適切な確率分布関数として Beta(密度)分布関数が考えられる．一般には

$$B\left(x;u,v\right)=\frac{1}{B(u,v)}x^{u-1}(1-x)^{v}$$

とかける．ただし，

$$B(u,v)=\int_0^1 \xi^{u-1}(1-\xi)^{v}d\xi$$

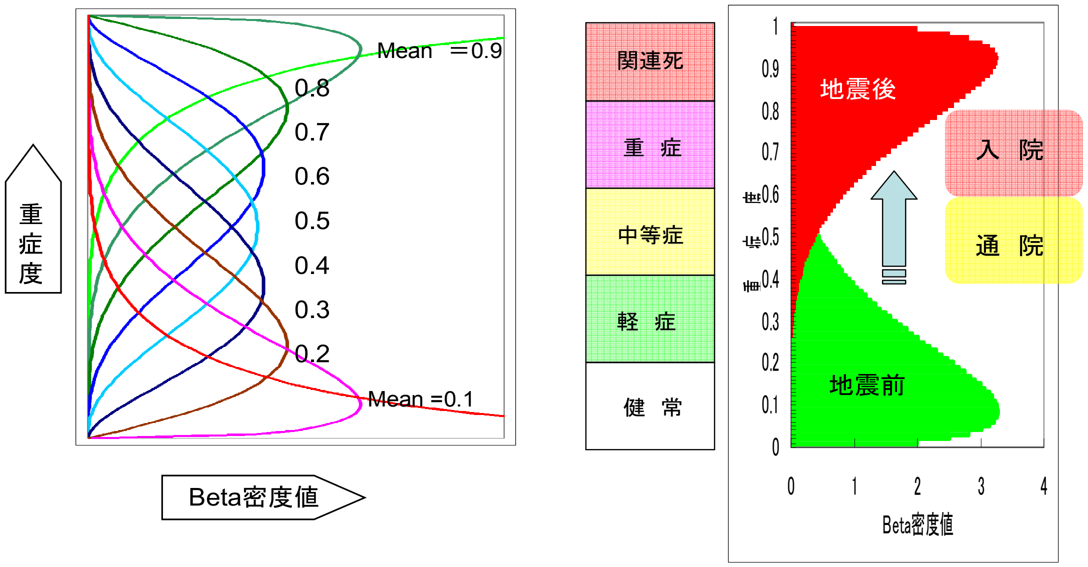
である．これは本来 2 つの媒介変数(u, v) によって分布形状が決まる関数である．しかし，このままでは形状任意性が大き過ぎて話を進めにくい．そこで既に別報［太田他（2006）］で検討したように単一の媒介変数とすることで簡易化を計った．平均値を x_0 とおくと，x_0 ＝u／（u＋v）となる．さらにu＝Kx_0とおけばv＝（1－x_0）Kとなり，密度分布関数は以下の形をとる．

$$\begin{aligned}B\left(x:u,v\right)&=\frac{1}{B\left\{Kx_0,(1-x_0)K\right\}}x^{kx_0-1}\cdot\left(1-x\right)^{(1-x_0)K-1}\\&=B\left\{x;Kx_0,\left(1-x_0\right)K\right\}\end{aligned}\qquad(5)$$

したがって，Beta（密度）分布関数が係数（K）と平均値（x_0）の組からなるパラメータをもつ関数として簡単に記述できる．係数（K）は K=8 と固定することで大きな問題が生じないことも確かめている．

第 3 図の左側は K=8 と固定し，平均値（x_0）を 0.1－0.9 間で変えた場合の Beta 密度分布関数の変化を示している．右側の図は地震の襲来によって，重症度の平均値（x_0）が地震「前」の軽いものから，地震「後」の重いものへと移行する，重症度分布悪化の様子を模式的に示したものである．このような変化は地震後の瞬時に「不連続（ジャンプ）」的に起こる場合もあり得るし，地震後の時間経過に応じて消長「悪化－最大－復元」といった消長性状を示す場合もあり得よう．前者の場合，式（5）中の平均値（x_0）を地震の前後で単純に置き換えることで済むが，後者の場合は平均値（x_0）が地震を起点とする時間関数として変化することとなる．しかし，時間関数としてどのような形を与えるべきかの判断を支援できる情報（実資料）は乏しい．本論では，重症度分布（Beta 密度関数）の平均値（x_0）についても，発症率（λ）の時間関数として導入した Weibull 関数形を充てるてることとして話を進める．

[§] 本論では重症度 D≧0.8 をもって「死亡」としている．したがって D>0.8 の場合，数値の上昇と共に「死の状態」の厳しさが増すことを想定した形となる．D=1.0 を［完全死亡］としたが，原形も保存されない極限的死亡に相当すると考えていただきたい．



第３図　平均値（Mean= x_0）で決まる Beta 密度分布関数と重症度変化の模式表示．

以上で，シミュレーション実施に先立つ準備が終了する．

４．シミュレーション実験の試行

易より難への常套手段にしたがって，第１表に示す３段階のモデルを想定し，シミュレーションを実施した．以下，順次説明する．

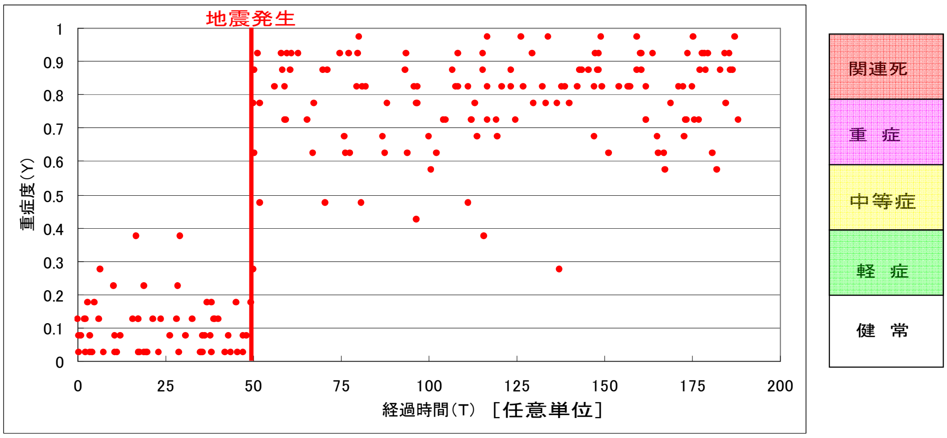
第１表　モデルＡ，Ｂ，Ｃ（地震前後の関係）

	震度特性項	発　症　率 （λ＝ｎ・ｐ）	重症度分布 (Beta 密度分布)
モデルＡ	間接考慮	一　定	悪　化
モデルＢ	間接考慮	一　定	悪化＆消長
モデルＣ	直接考慮	増大＆消長	悪化＆消長

１）モデルＡ

地震前後の発症率を不変とし［λ＝ｎ・ｐ=1］，地震に伴って重症度分布のみが変化―悪化―する場合である．地震動強さの影響（震度特性項）は直接的には関与していない．しかし，地震の襲来に伴って，重症度分布（Beta 密度分布）の平均値（x_0）が地震後に変化―悪化―するという間接関与を採り入れている．　第 4 図は平均値（x_0）が地震前の 0.1 から地震後 0.6 に悪化した場合を例示している．横軸は時間軸（任意スケール）であり，縦軸に重症度（0～１間）を示す．“赤丸”１ つが一人を示すと考えてよい．地震は時間点 t=50（任意単位）に襲来としてある．この結果，当然ながら地震の襲来に即応する形で病

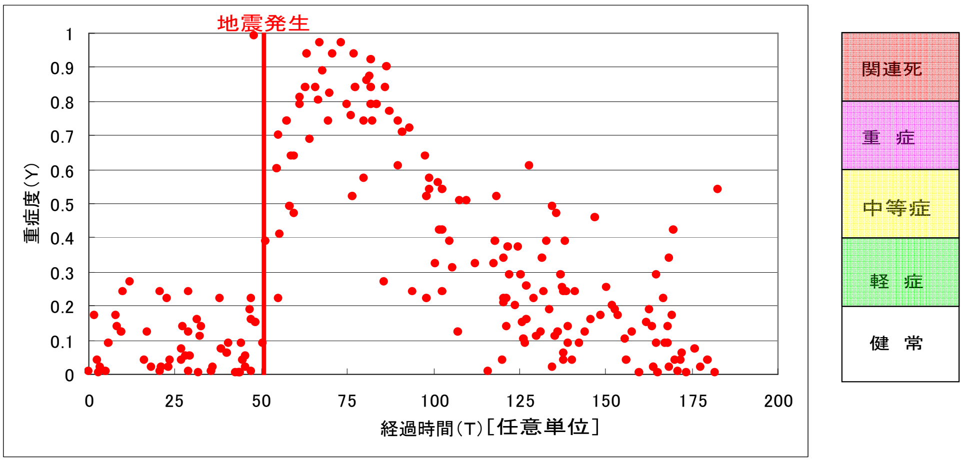
状が不連続的に悪化する様子を描出している．しかし，この状態が時間不変で永久に続くことを結果したモデルであり，簡単に過ぎることはいうまでもない．



第４図　発症率［λ=n・p＝1］とし，Beta 密度分布の平均値が地震前（x_0=0.1），地震後（x_0=0.6）と変化した場合．

２）モデルB

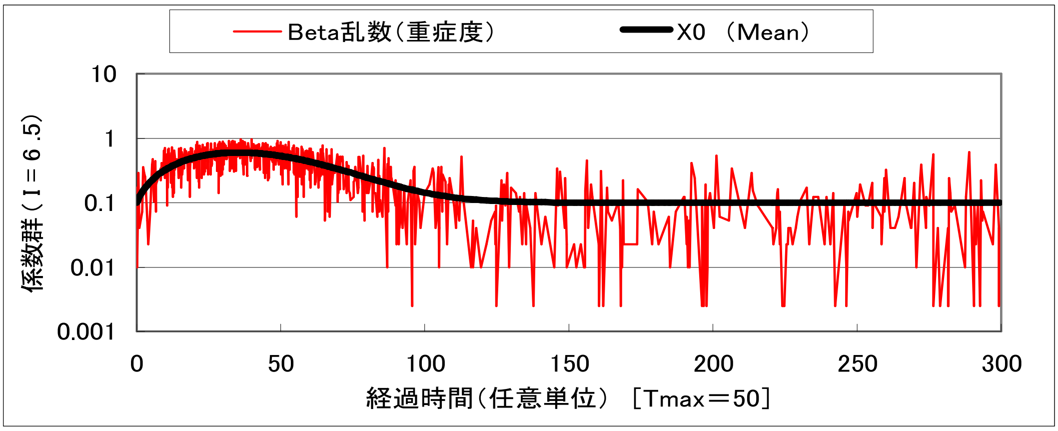
このモデルでは地震前後の発症率を不変としている．地震動強さの影響（震度特性項）はモデルAと同様，直接的には考慮していない．しかし，地震襲来からの時間関数として重症度分布（の平均値 x_0）が変化する形の間接的な考慮は入っている．さらに，地震直後の時間と共に分布が悪化し－重い疾病が増え－ある時点でこれが頂点に達し，やがて次第に平常時に復元する形をとっている．第 5 図では地震の襲来に伴って，重症度分布（Beta 密度分布）の平均値が地震前の x_0=0.1 から，途中のピーク時を経てやがて地震前の状態に戻る形を想定している．この計算例では平均値［x_0］max=0.6 としている．これは実際にもありそうな形に近づいており，モデルAと比べてかなりの改善となっている．しかし，地震前後の発症率を不変としており，今少しの改善が望まれる．

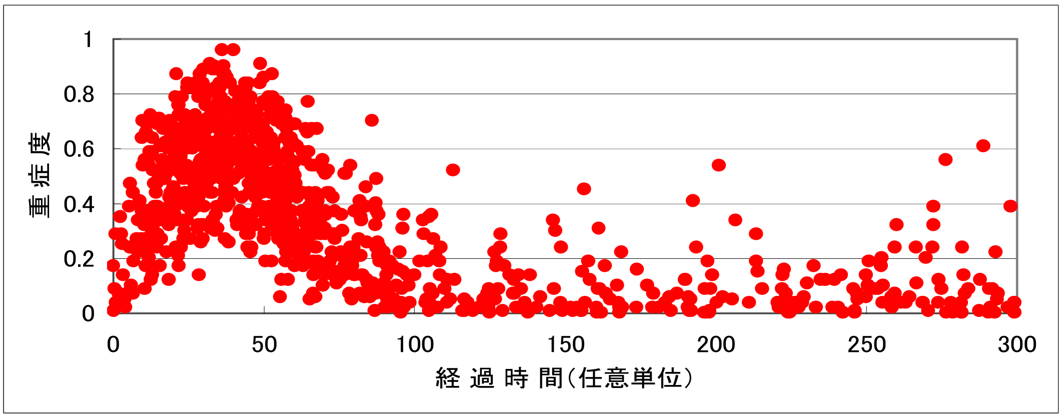


第５図　発症率λ=n・p＝1，Beta 密度分布の平均値が x_0=0.1 から 0.6 と変化した場合．

３）モデルＣ

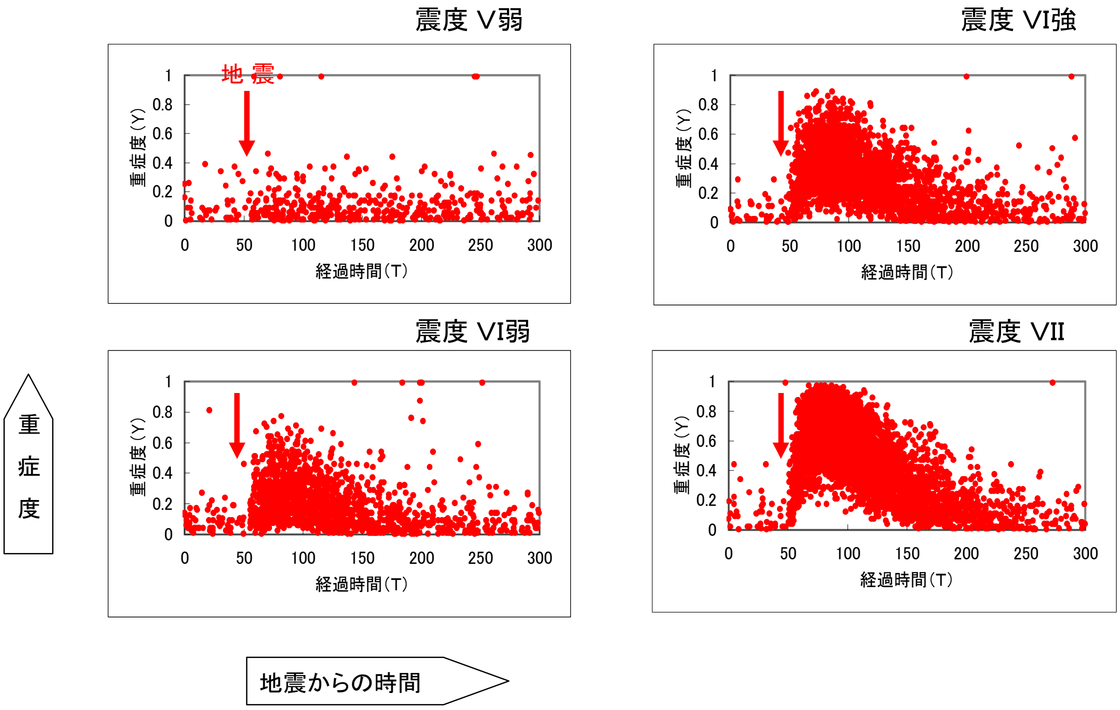
モデルＢに対して，さらに震度特性項を直接採り入れたのがモデルＣである．第 6 図の上側は地震襲来を時間原点にとり，時間経過に応じて重症度分布（Beta 密度分布）の平均値（x_0）の消長を示す時間関数［Weibull 密度関数，式（4）による］と平均値周りの，乱数発生に伴うゆらぎを示している．下側の図は，その結果として得られる発症のシミュレーション事例を示している．



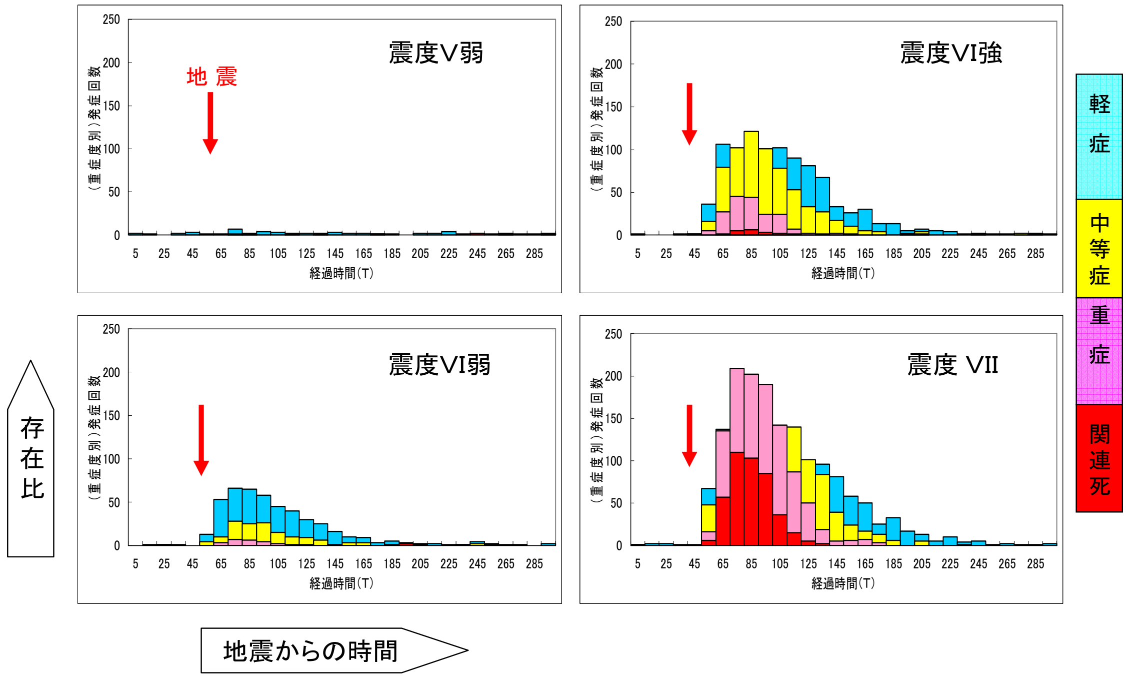


第 6 図　震度別重症度分布の試算事例．Weibull 関数の尺度母数 β ＝50 の場合．

第 7 図は震度を最重要パラメータとみて，震度Ｖ弱～VII の間で種々に変えて，発症性状をみたものである．震Ｖ弱では地震前後の発症性状の変化はほとんど見られない．しかし，震度が VI に届くと発症性状はかなり顕著に変わり－悪化し－，震度 VII の“重症疾病多発”へと移行する様子をみることができる．このことをさらにハッキリさせるため，第 8 図を作成した．ここでは冒頭の定義にしたがって，疾病を［（健常）－軽症－中等症―重症―関連死］に区分し,重症度別の度数分布図に変換したものである．この図から，震度と共に発症者が増大し，併行して重症度分布が悪化し，重症者が激増する様子が一段と鮮明になっている．また，重症度に応じて発症期間長さが変化する－軽症ほど長期にわたる－様子も明瞭である．特に関連死が震度 VII という激震域に入って著しく増加する，実際にも起こり得る発症形態を描出している．



第７図　震度別重症度分布の試算事例.



第８図　震度別重症度分布の試算事例.

以上のシミュレーション試行から，モデル C が当面の最良モデルとして位置付けられる．そこで，このモデルを基本として既往地震に伴う関連疾患発症との対比を試み，さらに今

後に向けて種々の考察を行ってみる．

５．神戸の地震との対比

　実資料との対比を通じて，このシミュレーションモデルの当否を確かめ，さらなる発展を探るためのテストが必然である．しかし，地震関連疾患に関する実資料は思いの外に乏しいのが実情である．近年の国内地震では1995年兵庫県南部地震において「関連死」が初めて大きく取り上げられた．また，2004 年新潟県中越地震において前者とは違った形ではあるが，相当数の関連死発生が報告されている**．しかし，関連疾患の全体に関する定量的実資料ありといえるには程遠い現状にある．このような理由から，モデルの適否について十全の検証を行うのは難しい状況にある．今後の実資料充実が強く要請される．

　このような事情を踏まえ，ここでは1995年神戸の地震に伴う，「関連死」の限られた資料を手掛かりにモデルとの対比を試みる．しかし，対比試算に先立って若干の準備が要る．神戸地域の，対象地区の選定，そして関係パラメータ等の設定についてである．

1）準備

　1995年兵庫県南部地震時に震度VIIゾーンとなった神戸市主要部を主対象として考える．このとき，関係する「震度VIIの暴露人口［能島他（2005）］は60万人程度と推定できる．

　一方，平常時の死者発生（確）率は

$$p = \left[\frac{1}{\text{平均年令}}\right]\left(\text{人}/\text{年}\right) = \frac{1}{(80\text{才} \times 365\text{日})} \square\ 3 \times 10^{-6}\left(\text{人}/\text{日}\right)$$

と概算できる．それ故，平常時死者発生率はλ＝P･人口＝2 人/日となる．これに対して，実資料［上田（1997）］から［関連死者／平常時死者］の比率が数倍～10 数倍と見当付けられる．ここではモデルCを採用した．試算は発症率の［地震時／平常時］比率を10数倍以上のレベルとし，これを種々換えながら，またパラメータ［発症と重症度の時間変動係数，発症確率の最大値］等は適宜調整し，多数回のシミュレーションを行い，試行毎のゆらぎの小さいことを確認した上で実資料との対比を試みた．本論で想定した支配・影響要因 3 種の全て［式（3），（4），（5）］を考慮している．時間単位は「日」としている．震度はVII(I=6.5）に固定した．

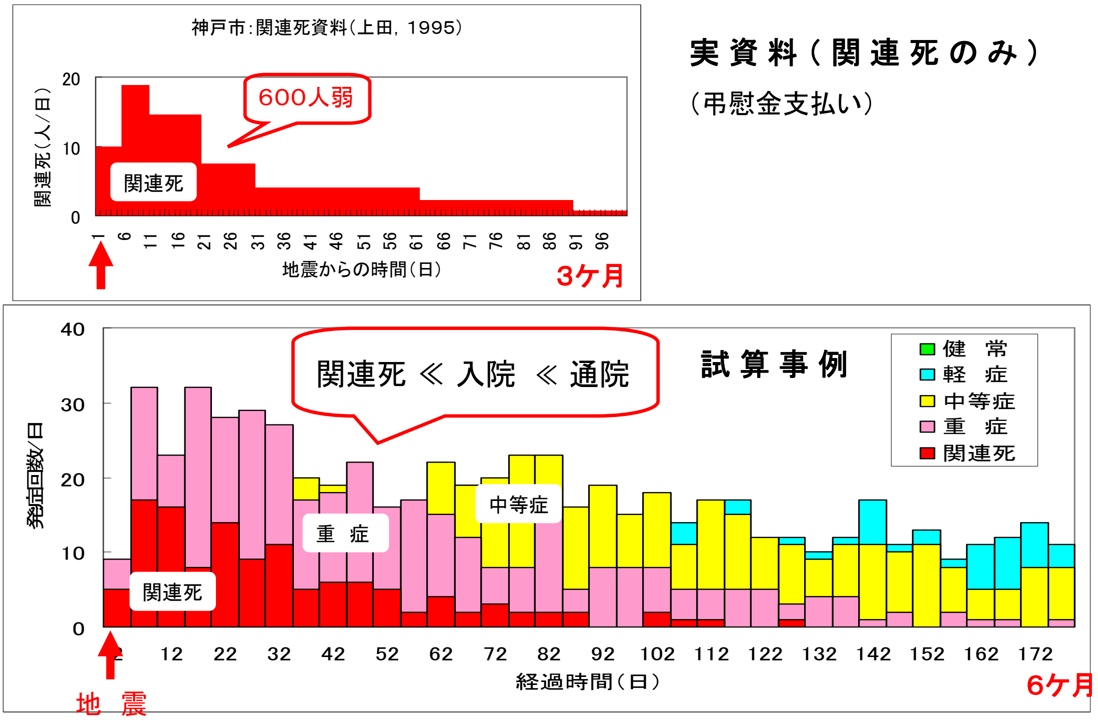
2）対比の事例

　実資料（関連死の時系列値，［上田（1997）］）では神戸市主要部における関連死が 600人弱と報告され，これが地震直後からややゆっくり始まり，当初の１ケ月間に集中し，その後 3 ケ月を越えて発生していることを示唆している††．この資料とシミュレーションとの対比事例を第 8 図に示す．上側の時系列グラフは関連死者に対する弔慰金の支払い記録から作成された不規則時間軸表示の原図を等間隔時間表示に修正したものであり，下側がシミュレーション結果である．これは試行錯誤的に種々算定を繰り返したもののうち，実資

** 2007年7月16日発生の新潟県中越沖地震においても3名が関連死と認定された（新聞報道）．

†† 地震最中とか直後の（外傷以外の）関連死，例えば急性心筋梗塞（Acute Heart Attack）等もありと報告されている．これらも包含する形のモデル化が当然ながら，近未来の課題となる．

料の「関連死」について両者ができるだけ似たものとなるよう種々のパラメータを調整して得た．この図は震度特性量［式（3）］のm＝3.0，Weibull 消長関数［式（4）］のα=1.05，β=150（日）の場合に相当する．また，この事例では発症率の最大値（λ_{max}）は平常時の 15 倍程度となっている．すなわち，地震後の立ち上がりがかなり急峻となる一方で長時間にわたって発症が続き，消長する場合が実資料との対比が最も良いとの結果となっている．



第８図　神戸の主要部，実資料との対比事例．

以上から，当該モデルが神戸における関連死発生過程の時系列分布をほぼ適切にシミュレートし，追跡し得たものと考えたい．また，この結果を「是」とするならば，実資料のみでは見えなかった[死]以外の重症度をもつ発症が相当数に達していることを，この図から読み取ることが出来る．重症者（＝要入院者）が関連死を数倍上回る形で発生し，継続期間も 6 ケ月を越える勢いを示している．これが本当だったとすれば地域内・周辺に立地する病院等，医療機関・資源への影響は相当に大きかった筈である．中等症（＝要通院者）にも注意すれば事態はさらに深刻になってくる．ただし，このような結果，特に死以外の関連疾患についてモデルとの対比を行うための，確かな（実）定量資料を現時点で見付けることは意外に至難である．

しかし，発症を人間生存に伴う自然の理として考え直してみれば［関連疾患＝関連死のみ］という図式は考え難く，関連死の周辺に多くの“関連死への候補者（重症者）”がいたであろうし，さらにその外にもっと軽度の発症者が多数いた・・・・といった関連死を核とした同心円的分布が想定できる．こういった視点にたてば，今回の結果は，地震に伴う人間被害を考究する上で示唆するところ多々ありといえよう．

６．おわりに

震災関連疾患の発症を非定常 Poisson 過程としたモデルを考え，震度等の支配・影響要因を考慮することでシミュレーションモデルを構築し，種々検討した．その上で，神戸市主要部を対象とした実資料との対比試算を実施し，震災関連疾患，特にその突出事象である関連死に注目して時系列変化をシミュレートし，大局説明を試み，相応の結果を得た．このことから，本論のモデルを震災関連疾患の時系列発症を説明するための「当初モデル」として意義を付与することができた．その一方で，関連疾患の発症と悪化がさらに複雑な種々の要因に依拠する面が多々あり，一気呵成の目標到達といかない難題であることもあらためて推察された．

今後の展開として，例えば，疾患種別の違いとか，地震別の差違－例えば2004年中越地震－をどこまで表現できるか等，検証すべき事柄は多々ある．このような検討を経て，今回採用したモデルそしてパラメータがもつ物理性とか健康医学的意味付けを考察し，必要に応じてさらにパラメータを追加するなど関連疾患記述式改善を心がけることが望まれる．そして，予測式へと発展させて行くことが当面の目標となろう．関連疾患低減の方途探求はこういった発症のメカニズムを解明する努力と併行して行われるべきものであろう．

参考文献

・上田耕蔵，医療から見た阪神大震災まちづくりの始まり，ヒューマンブックレット，1-200，兵庫部落問題研究所，1997.

・上田耕蔵，関連死の発生機序とその予防，総合看護，17-28, 2005.

・苅尾七臣，阪神淡路大震災にみられた心血管系疾患の成因解析－高齢化社会における急性ストレスのインパクト－，日本内科学会誌，89，142-153，2000.

・太田裕・野添篤毅・榊原真奈美，地震に起因する人間被害の文献学的研究(1) －医学文献DBによる論文の検索と傾向分析－東濃　地震科研報告（印刷中）．

・太田裕・野添篤毅・榊原真奈美，地震に起因する人間被害の文献学的研究(2)－医中誌DBにもとづく関係分野の拡がりに関する考察－東濃地震科研報告（印刷中）．

・太田裕・野添篤毅・榊原真奈美，地震に起因する人間被害の文献学的研究(3)－世界の代表文献DB分析にもとづく研究活動概観－東濃地震科研報告（印刷中）．

・塩野計司・小川恵子，震後の生活環境と病気の発生－兵庫県南部地震の調査から－，東濃地震科研報告，72-79，Seq. No 2，1999.

・小川恵子・辻一郎・久道茂，阪神淡路大震災後３ケ月間の急性心筋梗塞と脳血管疾患　死亡の検討，東濃地震科研報告，80-89，Seq. No 2，1999.

・Ogawa K，Tsuji Ichiro，Shiono Keishi and Hisamitsu Shigeru：Increased acute myocardial infection mortality following the 1995 Great Hanshin-Awaji earthquake in Japan，International Jour. Epidemiology，29，449-455，2000，Great Britain.

・Ohta，Y. and Okada，S.，An assessment of time-dependent earthquake effects on a household in terms of living standards，Jour Natural Disaster Sci.，11，51-68，1989.

・太田裕・岡田成幸，震災のダイナミクス　その１－世帯に及ぼす影響の時間変動性－記載法－，42，497-506，1989.

・太田裕・岡田成幸，震災のダイナミクス　その２－世帯に及ぼす影響の時間変動性－算定例－，43,
267-278，1990.
・石川宏：パソコンシミュレーション入門，　1-190，（株）企画センター，1983.
・太田裕，地震に伴う人間被害の発生とその低減に関する基礎的研究　第1報　人間被害記述式群のマクロ・系統構成，東濃地震科研報告，89-94，Seq. No 19, 2006.
・太田裕，地震に伴う人間被害の発生とその低減に関する基礎的研究　第1報　人間被害記述式群のマクロ・系統構成，東濃地震科研報告，99-154，Seq. No 19, 2006.
・太田裕，市民地震防災促進のための震度情報の解読－気象庁震度階級関連解説表による震度・被害関係の視覚化－，東濃地震科研報告，20-33，Seq. No 15, 2005.
・太田裕・能島暢呂・中嶋唯貴，地震に伴う人間被害の発生とその低減に関する基礎的研究　第2報　適用と算定の事例－東海4県，東濃地震科研報告，155-178，Seq. No 19, 2006.
・太田裕・中嶋唯貴・能島暢呂，地震に伴う人間被害の発生とその低減に関する基礎的研究　第3報　適用と算定の事例－日本全国－，東濃地震科研報告，179-206，Seq.　No 19, 2006.
・能島暢呂・石川裕・奥村俊彦・宮腰淳一：確率的地震ハザードの全国統計（その2）地震ハザード暴露人口，日本地震工学会大会－2005 梗概集，11，328－329,2005.