

大きい避難所ほど被災者の減少は少ない

— 阪神淡路大震災の教訓より —

谷岡亮子¹、田畑良宏¹、林 静子¹、秦 朝子¹、辻井靖子¹、小林隆幸²、中西章夫²

¹滋賀医科大学医学部看護学科臨床看護学講座、²基礎学物理学講座

要旨

1995年の阪神淡路大震災で、神戸市中央区の中央保健所管内の医療支援施設を備えた避難所の日々の受診患者数のデータをもとに、被災直後の避難所で生活する被災者の自立への動向について検討した。避難所の医療支援施設受診患者数は減衰曲線に従って減少していた。減衰曲線の特性から、受診患者数の減少は集団感染症などの避難者相互間に影響される要因ではなく、避難者相互間とは無関係な避難所独自の要因での一定割合での減少であり、避難者の有病率が一定と仮定すると、受診患者数の減少は施設に避難する被災者数の減少を反映していると考えられた。施設の避難者の調査期間中の累積患者総数と受診患者数の減少の半減期の間には相関関係があり、大規模施設ほど半減期は長く、避難所から自立する被災者の減少の割合が少ないことが判明した。従って規模の小さい施設に避難する被災者の方が早期に自立する傾向があった。

キーワード：大規模災害、避難所、減衰曲線、規模と寿命、自立支援

はじめに

大規模災害で困っている被災者に対して救援の手を差し伸べるのは人間として当然の義務でもあり、ましてや医療従事者にとっては一般の人達よりさらに積極的であるべきと考えられる。阪神淡路大震災では、多くの家屋が倒壊または倒壊の危機に見舞われ、余震の続く1月の厳寒の中で約25万棟の建物の全半壊と約4万3千人の負傷者が発生した。そこで大きな被害のなかった学校、公民館、集会所などの公的機関の建物や、はては初期の頃はガソリンスタンドの事務所などのような建物が、一次的な避難所として機能していた。震災においては住宅が倒壊するだけでなく、病院、診療所等の医療機関も同様に被害を受け、被災のストレスによって増加する高血圧、急性心筋梗塞などの対応に加えて、慢性疾患のために日頃医療機関で治療を受けていた患者の日常診療を何処で行うかが大きな問題になる^{1~6}。軽症の外傷や高血圧、糖尿病などの投薬を主体とした慢性疾患の診療は、地域の医療機関が機能を回復するまで避難所の医療支援施設が担当しなければならない。近隣をはじめ国内の医療機関から医療支援の申し出が相次ぎ、医療支援の申し出のあった医療機関に対して、保健所が窓口となり各医療機関を避難所に割り当てて医療支援を行った。医療支援の開始の時期は施設により異なっているが、震災後3、4日から1週間以内には開始され、3月31日をもって各避難所共に医療支援を終了している。

日頃から、いずれの医療機関においても有り余る人員を抱えての業務遂行ではないため、救援が長期に及んでくると次第に業務が過重になり、勤務形態の見直

しなどの必要が生じてきた。このため何時まで医療支援を続けるべきかという問題が生じてきた。さりとて医療救護を必要とする人が存在するにも拘わらず、医療支援側の都合だけで一方的に支援を打ち切ることが出来ない。中央区の避難所の医療支援については、3月31日までとの行政としての決定がなされ、変則的な勤務形態から本来の勤務形態に戻る時期が明確になった。このような体験から、大規模災害における医療支援のボランティア参加では、支援からの撤退の時期を予測することの重要性を痛感した。参加者の勤務を補う都合上、初期の段階からいつまで医療支援が継続しそうかを事前に予測できれば、医療支援側のボランティア参加に伴う不安と勤務の問題を解消できるのではないかと考え、阪神淡路大震災でのデータをもとに解析を行った。

研究対象及び方法

1) 研究対象

医療支援開始の初期の混乱期には、中央区の避難所の医療支援施設で医療支援を受けた患者については、混乱と目前の治療に追われて診療の記録は存在しなかった。しかし2月初旬より診療録に代わり患者毎にその都度簡単な診療記録をつくり、毎日、診療終了後に日々の診療患者数と共に所轄の保健所に提出し、報告する体制が導入された。滋賀医科大学が担当した中央区宮本小学校は、中央保健所の管轄に入っていた。医療支援の終了後に、中央保健所から研究以外にデータを使用しない条件の下で、中央保健所管轄の医療支援施

大きい避難所ほど被災者の減少は少ない

設を備えた避難所12施設の日々の診療患者数のデータの提供を受け解析を行った。

2) 解析法

a) 患者数の推移

中央区の医療支援施設を備えた12箇所の避難所の施設毎の患者数の変遷について、1日の患者数を縦軸に、経過日数を横軸にしてプロットし、最小二乗法によりカーブフィッティング (IgorPro V. 4. 02AJ, WaveMetrics, Oregon 及び MatLab release 14, Mathworks, Massachusetts) を行い、経過日数と患者数の推移の関係を示す数式を12施設の避難所毎に求めた。また中央区の医療支援施設を持った12箇所の避難所全体の一日の受診患者数についても同様に関係を示す数式を求めた。

b) 避難所の規模と患者数の減少の割合との関係

カーブフィッティングの結果、後述するように曲線は減衰曲線であったので、施設毎に減衰曲線の半減期を算出し、医療支援期間中の累積受診患者総数と半減期の間の関係をもとめた。

結果

1) 患者数の推移

滋賀医科大学が担当した宮本小学校の避難所のデータを使用し、横軸に経過日数、縦軸にその日の1日の受診患者数をプロットし、グラフを描くと図1上段のようになる。このグラフにおいて1日の受診患者数の縦軸を、等間隔の直線表示から対数表示に変換し片対数グラフで示すと、図1下段のようになり、直線でカーブフィッティングできる。従って上段のグラフは、初日の受診患者数を N_0 、 t 日経過後の1日の受診患者数を Y 、経過日数を t とすると、

$$Y = N_0 e^{-\lambda t} \quad 1)$$

で表され、ここで λ は施設毎に固有の定数であり、1)式は減衰曲線である。12箇所の避難所の内5箇所の避難所で初期の段階では1)式には当てはまらず、図2の如く初期の期間に一定受診患者数で推移の後に、1)式に当てはまるようになる。中央区の医療支援施設を備えた12施設の1日の総受診患者数の推移は、一定時間経過後に減衰曲線で表せ、図3にその推移を示す。

減衰曲線は任意の時点での値 Y が半分の値 $1/2Y$ まで減少するに要する期間が常に一定である特性を有し、この期間は半減期 $t_{1/2}$ と呼ばれている。半減期は、

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda \quad 2)$$

で示され、式1)の定数 λ より半減期を算出することができる⁷⁾。

中央区の医療支援施設を有する避難所12施設の内、初期に1日の受診患者数が変化しなかった施設は5施設が認められた。しかし一定時間経過後は他の施設と

同様に減衰曲線に従って減少していた。この5施設の初期の患者数と、変化しなかった期間およびそれ以降の全施設の半減期を表1に示す。縦軸を対数表示し直線でカーブフィッティングした場合の全12施設の相関係数(r)の平均は 0.800 ± 0.11 で両者の間に良好な相関が認められた。

2) 受診患者数と半減期の関係

医療支援開始から終了する3月31日までの間の各施設の累積受診患者数とその施設の半減期の間には図4のような有意($p=0.0026$)な正の相関関係がみられ、相関係数 r は 0.782 と良好な相関関係であった。

考察

1) 避難所に設置された医療施設の受診患者数

図1から図3に示されるように、全ての中央区の大規模避難所の医療施設での1日の受診患者数の推移は、縦軸を対数表示すると1次式で表すことができる。縦軸が対数表示の1次式であることから式1)の減衰曲線 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ そのものである。

減衰曲線は、個々の構成要素が相互に関連性を持たずに独立して一定の割合 λ で崩壊していく時に見られる曲線であり、式1)の関係式で示され、よく知られた例では放射性同位元素が自然崩壊する時に観察される⁷⁾。従って避難所の医療支援施設の受診患者数が減衰曲線で変化することから、2つの要因が考えられた。

第一の要因は、避難者の個々の患者は減衰曲線の特性から被災者相互に関連性なく独立した要因により減少していったという考え方である。つまり受診理由になった疾病は、被災者間で容易に蔓延する伝染性の疾患ではなく、互いに独立した疾病で、震災による外傷や震災以前から罹患していた高血圧、糖尿病などの慢性疾患であったと考えられ、これは実際に診療した疾患の記録と一致していた。

第二の要因は、時間経過と共に減衰曲線で受診患者数が減少(崩壊)したことは、これら慢性疾患が治癒し受診の必要性がなくなったためとは考え難く、避難所の被災者が相互に関連性なく独立した要因、つまり自立願望により避難所から帰宅または自立したことによって母集団が縮小したという考え方である。減衰曲線は任意の時点での数が半分に減少するのに要する期間が常に一定であるという特性を有しており、半減期は母集団の減少の寿命を示す指標と考えることが出来る。

私達人間の行動は各人の自主的な判断に委ねられているが、自然界の構成要因としてみた場合には、人間の行動も全くランダムな現象ではなく自然界の法則に従っている。このような現象は、心拍変動においてもよく知られており、心拍変動には自然界の現象に見られ

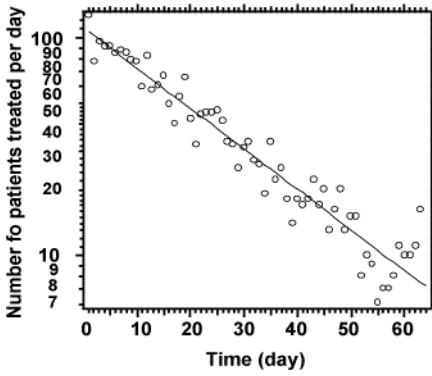
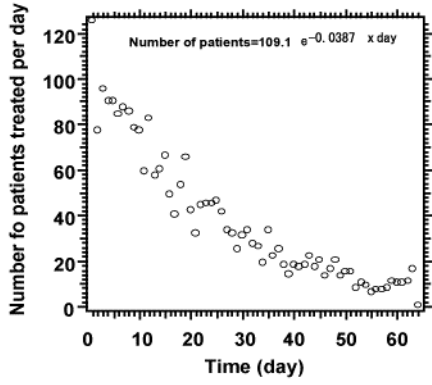


図1 宮本小学校の受診患者数の変化

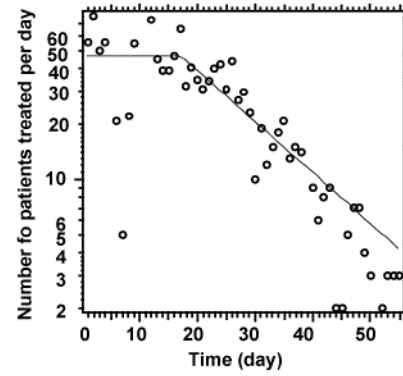
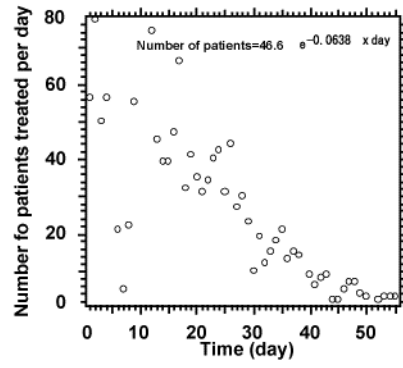


図3 中央区全体の受診患者数の変化

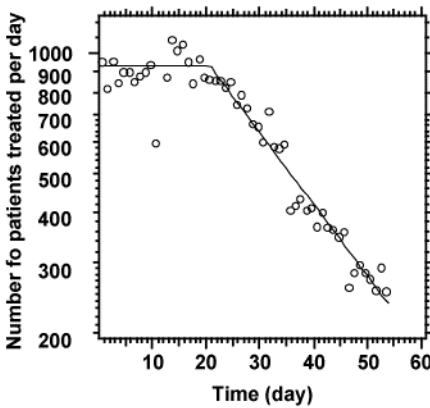
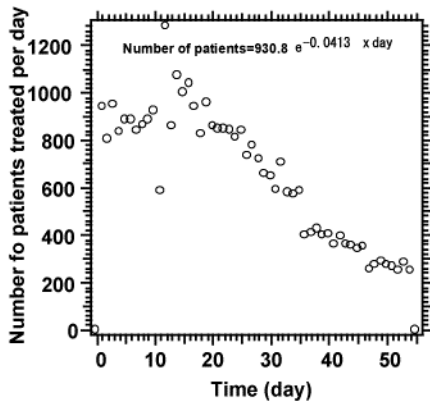


図2 春日野小学校の受診患者数の変化

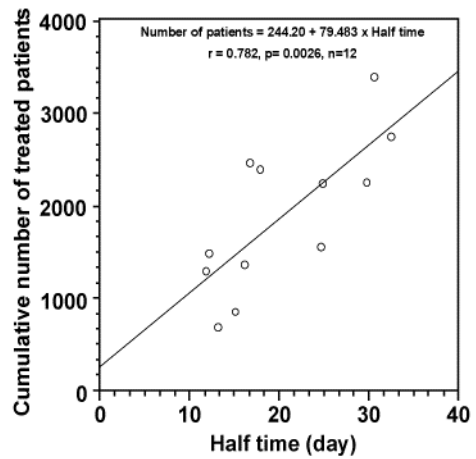


図4 累積受診患者数と半減期の関係

大きい避難所ほど被災者の減少は少ない

患者数=初期患者数 : 無変化期間の関係式
 患者数=初期患者数 $\cdot e^{-\lambda(t-t_0)}$: 指数関数の期間の関係式
 但し t_0 = 無変化期間の日数
 t = 指数関数期間以降の経過日数

教護所	全患者数(人)	定数(λ)	半減期(日)	無変化期間(日)
山の手小学校	2223	-0.0278	24.90	
下山の手小学校	1544	-0.0280	24.75	
生田中学校	2230	-0.0232	29.87	
宮本小学校	2022	-0.0387	17.91	
葦合総合会館	838	-0.0456	15.20	
葦合保ノ八雲老人 センター	676	-0.0522	13.28	
上筒井小学校	1339	-0.0427	16.23	
小野柄小学校	2729	-0.0213	32.53	19.0
吾妻小学校	3367	-0.0226	30.66	18.9
春日野小学校	2440	-0.0413	16.78	28.0
若葉小学校	1472	-0.0566	12.24	14.0
雲中小学校	1272	-0.0638	11.85	17.2
全教護所	35449	-0.0413	16.78	20.8

表1 中央区の避難所12施設の諸データ

る 1/f 揺らぎに自律神経系の影響による変動が含まれている⁸。同じ観点から、被災者の避難所からの自立は放射性同位元素の崩壊と同じであり、減衰曲線に乗っ取っていても不思議ではないと言える。

避難所から自立し減少していく被災者数が減衰曲線に従っていることが明らかとなれば、数日間にわたる日々の患者数の変遷から式5)の定数λを算出すれば、その時点の患者数 N_0 から、何日後には何人の患者数になっているかを推測することが出来る。1日の受診患者数が何人以下になれば医療支援を終了するかを決めておけば、撤退の時期を予測できる。従ってボランティアとして派遣している医療機関でも、何日頃に正常な勤務体系に戻れるかを知ることができ、私達が経験した不安を解消することができる。

12施設中5施設で医療支援を始めた初期の期間に、受診患者数の減少が認められず必ずしも減衰曲線に当てはまらない施設が認められた。この様な施設では、初期の段階はむしろ時間軸tに平行な直線でフィッティングされ、一定期間が経過した後から減衰曲線に当てはまる現象が観察された。その理由は、この様な施設では受診希望者数と医療支援施設の規模が合わず、つまり需要と供給のアンバランスが生じていた理由によると考えられた。初期の段階では医療スタッフが最大限の努力をしても、対応が可能な以上の患者が存在し

たために、一定数の患者数しか診ることが出来なかったと推測された。そして時間経過と共に避難所を離れる被災者があられ始め、受診希望者が減少して医療支援施設の規模に合った患者数に至った段階から減衰曲線に則って変化したものと推測された。1日の受診患者数を観察していて、時間経過に応じて患者数が減少しないような推移が見られる場合は、医療支援施設の規模が受診希望者数に合わないことを意味しており、スタッフの増員が必要であると考えられた。

2) 避難所の規模と避難所の寿命との関係

避難所に避難する人は登録制ではないため、正確な避難者数を把握することは出来ない。しかし避難者の有病率は一定と仮定すると、診療所の受診患者数は、避難所に避難する被災者数に比例すると推測され、受診患者数で避難所の規模と置き換えて考えることが可能である。一方、医療支援施設の1日の受診患者数の変化は減衰曲線で示すことができ、受診患者数の減少が被災者の死亡によるのでなければ、半減期は、診療所だけでなく避難所の寿命を示す指標と考えることが出来る。

図4は、避難所の規模として避難所の医療支援施設で期間中に受診した累積患者総数と半減期の関係を検討した結果である。図4では、有意(p=0.0026)にr=0.782と良好な正相関が認められた。この図は、半減期が組織の寿命を示す指標であると考え、避難所の規模が大きいほど寿命が長くなることを意味している。つまり多くの被災者が集まる避難所ほど、避難所を出て自立する人が少ないと言える。

古生物学の領域では、植物も含めた生物は生物個体の背丈や体重などの物理的な大きさが、大きくなればなるほど平均寿命が長くなるという良く知られた事実がある。植物で例を挙げると、庭に咲く数十センチの高さの草花の多くは一年草であり1年の寿命であるが、100m近くの高さの屋久島杉は一千年の寿命をほこり、動物ではたかだか体重が100g程度の体重のマウスは3、4年の寿命であるが、体重がトン単位の象は100年近くの寿命である^{9~12}。このような事実に対する理由は未だ明らかでないが、これらの生物は単細胞生物ではなく多細胞生物であり、体の大小に関わらず生物の細胞の大きさは同じである。大きな生物は細胞の大きさが大きく、小さな生物は細胞が小さいという現象は見られない。生物の細胞の平均の大きさは顕微鏡レベルであり、大きい生物は肉眼で核やミトコンドリアなどの細胞内器官を観察し操作できる事実はない。従って象と鼠、庭の草木と屋久島杉の大きさの差は、細胞数の違いである。避難所においても、規模は人間の数であり人間の大きさを示す指標ではない。

生物の個体を構成する細胞で認められた現象は、生物である人間が集合した組織レベルで考えた場合も同

様の現象が認められる。日本経済のバブル崩壊以降、昨今、不況のため会社の倒産が大きな社会問題になり、月間倒産件数が増加している。しかし会社の倒産も、大部分は従業員数10人程度の中小企業が倒産しているのであり、従業員数1万人規模の銀行や流通業界の会社は長年にわたり経済的には破綻していて倒産状態であっても、社会的影響の大きさから政府も倒産を容認できず社会全体からの支援もあり、倒産せず生き残っている。科学的にも会社の資産の揺らぎの検証から、資産が大きいほどその変動幅は少なく安定していることが示されている。この規模を延長して国家レベルに当てはめることができると高安等は述べており、人間社会の組織にも大きさと寿命の法則は成り立っている^{13~15}。

生物は細胞数が多くなっても、個々の細胞が平等に同じ仕事をしている鳥合の衆ではなく、ある程度細胞数が増えると組織、更に臓器となり特化した機能や仕事を行い、作業分担をして少ない細胞の機能で効率的な全体の機能維持を行うように進化していくと考えられる。さらに各臓器機能を効率的に運用する指揮系統としての神経組織により統合されるようになり、ますます効率的な運用が可能になる。生物の死は構成する全細胞の死ではなく、生命維持機能の破綻である。効率的な運用が出来る組織ほど少ないエネルギー消費で機能維持がより長期に渡って可能になり、寿命が長くなると考えられる。このような現象から考えると、大規模な避難所で多数の人が集まると、それぞれが作業を分担して受け持ち、清掃係や食料調達係、行政との交渉係、さらには係を束ねるボスの存在の人も出現し、効率的に機能を維持する環境ができ、組織の破綻が生じ難くなり半減期が長くなるのではないかと推測される。小規模な避難所では、被災者の一人ずつが、又は一家族が全ての役割を遂行しなくてはならず、結局、避難所外で生活するのと同じ状況であり、早く自立の道を模索しようとの気持ちの変化も起こるのではないかと考えられる。

3) 被災者の自立を目指した支援

大震災などの被災者に対して、被害に遭遇しなかった人々が食料や場所を提供するのは、人間として当然の責務である。しかし被災者も、自らの力で自立の道を模索する必要がある、支援はあくまでも自立出来るまでの期間であって、生涯にわたり支援を保証するものではない。従って被災者の支援にあたっては、被災者の早期の自立をも念頭においた支援のあり方が求められる。私達は通常、効率的運用ということを優先し、例えば避難所やその後の仮設住宅の設置においても、効率的な建設、運用を優先しがちである。しかし効率的運用のみを考えて大規模な施設を作ると、組織的・効率的な

存在になり大きさと寿命の法則の問題が生じてくると予測される。例えば10万人の被災者を支援するのに、1万人規模の施設を10箇所作り支援する方法もあり、千人規模の施設を100箇所作り支援する方法もある。しかし被災者が自立のために施設から退去する割合には、両者の間に大きな差が生じ、後者の方が自立する割合が高く、早期に閉鎖できると考えられる。避難所や仮設住宅の設置にあたり、人間の集団としての大きさと寿命の法則を念頭においた施設設計をすることで、どの位の期間で被災者が自立して災害前の状態に戻るかを予測することが可能となる。また災害直後の避難所の医療支援においても、初期の何日間かの受診者の人数の推移から減衰曲線の定数を求めれば、その後の人員配置や医療支援活動終了の予測に役立てることができる。

結論

- 1) 避難所の被災者は減衰曲線に従って自立し減少していった。数日間の観察で減衰曲線の定数を算出し、半減期および将来の時点での人数の予測が可能になる。
- 2) 避難所の規模と、避難所の寿命（半減期）の間には相関関係が存在し、生物でみられる大きさと寿命の法則が被災者の集団でも成立し、大規模な避難所ほど長期にわたり存続する。
- 3) 大規模災害の被災者の支援にあたっては、施設運用や支援の効率のみを考えた支援計画でなく、どれ位の期間で自立が可能かを考慮した施設規模の決定が必要である

参考文献

1. Yamabe H, Hanaoka J, Funakoshi T, Iwahashi M, Takeuchi M, Saito K, Kawashima S, Yokoyama M.: Deep negative T waves and abnormal cardiac sympathetic image (123I-MIBG) after the Great Hanshin Earthquake of 1995. *Am J Med Sci.* 1996 ; 311: 221-224.
2. Kario K, Matsuo T, Shimada K.: Follow-up of white-coat hypertension in the Hanshin-Awaji earthquake. *Lancet* 1996 ; 347 : 626-627.
3. Baba S, Taniguchi H, Nambu S, Tsuboi S, Ishihara K, Osato S.: The Great Hanshin earthquake. *Lancet* 1996 ; 347 : 307-309.
4. Kario K, Matsuo T.: Increased incidence of cardiovascular attacks in the epicenter just after the Hanshin-Awaji earthquake [letter]: *Thromb-Haemost.* 1995 ;74 : 1207.
5. Kario K, Matsuo T, Ishida T, Shimada K.: White

大きい避難所ほど被災者の減少は少ない

- coat hypertension and the Hanshin-Awaji earth-quake [letter]: Lancet. 1995 ; 345 : 1365.
6. Suzuki S, Sakamoto S, Miki T, Matsuo T.: Hanshin-Awaji earthquake and acute myocardial infarction [letter]: Lancet. 1995 ; 345 : 981.
 7. 社団法人 日本アイソトープ協会：ラジオアイソトープ 頼□ bから取り扱いまで一 壊変の法則．丸善株式会社、東京、昭和55年、p13-15.
 8. Kobayashi M, Musha T: 1/f Fractuation of heart-beat period. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 1982 ; BME-29 : 456.
 9. Bonner, H.C. and Anderson R. A. : Size and Cycle. Princeton University Press, Princeton, 1965, 152-175.
 10. Bonner J. T. : Size change in development and evolution. J. Paleontology 1968 ; 42(Part II): 1-15.
 11. Bonner J. T. : Evolutionary strategies and developmental constrains in the cellular slime molds. American Naturalist 1982 ;119: 530-552.
 12. McMahon T. A. and Bonner J. T. 著、木村武二、八杉貞雄、小川多恵子訳：S Aライブラリー6 生物の大きさとかたち 翼Tイズの生物学．東京化学同人、東京、2000、217-233.
 13. Lee Y. L., Amral L. A. N., Canning D., Meyer M. and Stanley H. E. : Universal Features in the Dynamics of Complex Organizations. Phys. Rev. Lett. 1998 ; 81 : 3275-3278.
 14. 高安秀樹、高安美佐子：経済・情報・生命の臨界ゆらぎ 藍。雑系科学で近未来を読む一、ダイヤモンド社、東京、2001、44 - 146

The larger the scale of the shelter the slower the decrease in the number of evacuees remaining in emergency shelter after the Hanshin-Awaji Earthquake

Ryoko Tanioka¹, Ryoko Tabata¹, Shizuko Hayashi³, Tomoko Hata¹, Yasuko Tsujii¹, Takayuki Kobayashi² and Akio Nakanishi²

Department of Clinical Nursing¹, Faculty of Nursing and Department of Life Science², Faculty of Medicine, Shiga University of Medical Science

Key words : Disaster, Shelter, Exponential decremental curve, Scale and life span, Independence support

ABSTRACT

The Hanshin-Awaji Earthquake damaged the homes and medical facilities for community of about 200,000 people. This study investigated the development of a quantitative method for determining the need for medical services in emergency shelters. Records of the number of patients treated at the first-aid station in the Miyamoto Primary School and the other eleven first-aid stations in the Chuo District of Kobe City were reviewed retrospectively and the data was submitted for statistical analysis. Changes in the number of patients treated at first-aid stations were characterized by an exponential decremental function. The half time ($t_{1/2}$), defined as the interval in which the number of patients declined by 50%, varied between shelters, with the mean $t_{1/2}$ for first-aid stations in Chuo District, Kobe City being approximately 17 days. A positive correlation ($r=0.782$) was observed between the $t_{1/2}$ and the total number of patients treated during the study period.

The number of patients seeking treatment at a given time was predictable from data on the number of patients seeking treatment during a brief interval immediately following disasters based on an exponential decremental function. We conclude that the larger the scale of the shelter the slower the decrease in evacuees.