

建物内火災に伴う人命危険度の
評価法に関する研究

名古屋大学図書

和B 60646

名古屋大学工学部 防災安全工学講座
辻本研究室

M60640 西岡史仁

◆◆◆◆◆ 目 次 ◆◆◆◆◆

序	.....	1
第1章 評価法の背景と概念	.....	2
1-1 評価法の背景 / 3		
1-2 評価法の概念 / 3		
1-3 既往の評価法 / 8		
第2章 評価法の基本構造	.....	10
2-1 目的 / 11		
2-2 危険の定義 / 11		
2-3 危険度の指標 / 11		
2-4 基本構成 / 12		
第3章 評価法の適用	.....	16
3-1 対象建物 / 17		
3-2 危険度の再定義 / 17		
3-3 出火階評価 / 17		
3-4 非出火階評価 / 24		
3-5 危険度算定の具体例 / 31		
第4章 評価法の性質の分析	.....	37
4-1 出火階評価 / 38		
4-2 非出火階評価 / 56		
結び	.....	62
まとめ		
今後の課題と展望		
謝辞	.....	64
参考文献	.....	65
付録		
(1) 廊下の煙濃度が減光係数0.15/mを 越えるまでの時間の算定方法		
(2) 病院・宿泊施設の実態調査内容及び 結果の概要		

序

これまで火災に対する対策は、例えばロンドン大火後の不燃化措置等、常に高い代償を払ったのちに、いわば対症療法的にとられてきた。ところが、近年建築物の増加や空間の利用形態の多様化が急速に進み、また一方で「火災により死者を出すような建物を造ってはならない」という社会的要求が非常に高まってきている。そのため火災の結果をふまえて対策をたてるばかりでなく、火災に先立ち建物に潜在する火災による危険性を予測・評価し、それにもとずいて予め対策をたてておく必要が生じてきた。そこで、本論文では、過去における火災の知見や火災実験をもとに避難活動を含めた建築火災をシミュレートし、その結果から火災により人命が損なわれる可能性を推定するための方法を提案することを目的とした。

火災時に建物に要求される最低限の性能は、その空間を利用する人々の生命安全を確保することと考えてよいであろう。ところでこの際、人命危険が全く生じないことを前提にする立場と、ある程度以下の人命危険度は払拭できるものではないので、社会的判断により受忍される危険レベルを越えないようにする立場の二つがある。本論文は後者の考え方の立場から、火災に伴う人命危険度の評価法という形で、判断のための指標を与えることを可能にしている。

これまでも、建物の火災危険度を推定する方法はいくつか提案されているが、本評価法の第1の特徴は、建物内の各個人ごとに危険度を求めていることである。これは、火災危険は個人の条件により大きく異なること、建物の利用者は、自分自身がどれだけ火災危険にさらされているのか知らされるべきであると考えていることによる。第2の特徴は、危険度評価に確率論的な概念を導入していることである。本論文は、まだ試論の段階であり、総合的な危険度評価をするには至っていないが、確率論的な扱いを行うことで、評価の過程を明快にし、客観的に危険度を算定することが可能となると考えられる。

本論文の構成は、以下の通りである。第1章では、本評価法の背景として、近年の火災に関する事情の変化について、そして本評価法の概念として、本論文で扱う危険とは誰のどんな危険なのか、それをどういう手法で求めていくのかについて述べた。第2章では、評価を行う建物の種類や規模を限定せず、本評価法の基本的な枠組みについて説明した。続いて第3章では、低中層中規模の耐火建築に対して評価法の適用を行い、出火階・非出火階に分けて実際に危険度を計算した。第4章では、本評価法の特徴を知ることが目的として、危険度に対する各設定値の影響の仕方について分析した。

第 1 章

評価法の背景と概念

1-1 評価法の背景

1-1-1 火災を取りまく事情の変化

1-1-2 危険度の予測の必要

1-2 評価法の概念

1-2-1 誰の危険を考えるか

1-2-2 個人的意志の社会化

1-2-3 危険の求め方

1-2-4 評価法の利用方法

1-2-5 評価法の客観化についての考え方

1-3 既往の評価法

第1章 評価法の背景と概念

1-1 評価法の背景

1-1-1 火災を取りまく事情の変化

近年の建物火災を取りまく諸々の事情について、ここでは建物と社会の二面からその変化の様子を見る。

1) 建物の変化

建築物は高層化・大規模化が進み、内装材をはじめ使用される材料の種類もかつてより非常に多くなってきている。また、利用形態はますます多様化する傾向にある。このため、こういった建物で火災が発生した場合、その性状はどうなるのか、避難はどのように行われるのかなどについて、これまで蓄積されてきた経験をもとにしても、直感的にはその危険性を把握できない事態が生じている。

2) 社会の変化

「火災によって死者を出してはならない」という社会的要求が非常に高まりつつある。これは、火災だけでなく他の災害に対しても言えることで、このような傾向の原因について詳しく述べることはできないが、簡単に言うと、急速な科学技術の進歩の中で、少し前までなら「天災」とあきらめられいた災害が、実はその災害は制御可能であることが広く社会に認識されるようになり、「天災」としてもらえず、「人災」として問題視されるに至ったということであろう。

1-1-2 危険度の予測の必要

このような事情の変化の結果、責い代償を払って貴重な教訓を得るという「災害に学ぶ」式の対策ばかりでなく、火災に先立ち火災による危険性を評価し、それにもとずいて予め対策をたてておく必要が生じてきた。

1-2 評価法の概念

1-2-1 誰の危険を考えるか

1) 個人リスクと社会リスク

火災に限らず、何かの危険を考える場合には、危険を受ける主体は何か、つまり誰にとっての危険を考えているのかをはっきりさせておくことが重要である。まずここで、個人リスクと社会リスクという二つの概念について整理する。

個人リスク：個人に危険が及ぶかどうかが問題になる。

社会リスク：社会の中で、どれだけ危険が生じているかが問題となる。ここで言う社会とは複数の人間の集まりを指しており、一つの建物である場合もあれば、日本国内というように一国家である場合もある。尚、値は、個人リスクの総和に等しい。

例として、危険＝建物内火災による死亡とするなら、例えば「1年間に建物内の各利用者が死亡する可能性がどれだけあるか」というのが個人リスクであるのに対し、「1年間に建物内で何人が死亡するか」というのは社会リスクに相当する。

2) 誰の危険を考えるか

では、建物火災による人命危険を求めようとする場合、危険を受ける主体を何に置くことが適当であろうか。そこで次に、二つの事柄について考察する。

・建物火災の危険の特殊性

火災が発生したと仮定して、生死を分ける要素、つまり危険か安全かを決定する要素が避難活動の成否であるとする、まず、特殊性として挙げられるのが、避難の成否は、個人の能力（歩行速度等）に大きく依存するという点である。そして、もうひとつは個人の置かれている環境（いる場所、その建物をよく知っているかどうかなど）によっても危険になるかどうか非常に変わりやすいことである。このように、火災による危険は個人の条件の影響を受けやすい。

・利用者の要求

建物の利用者の要求の一つとして、その建物の火災危険性について何らかの形で提示して欲しいということであろう。しかもそれは、その建物で火災で何人死亡するかということよりも、自分自身が死亡する可能性がどれくらいなのかということについてではないかと思われる。

さて今、空間Aと空間Bがあるとする。ある人が、その空間にいて火災により生じるリスクを R_a 、 R_b とする。リスク以外の条件は全て等しいときその人にAとBのどちらかを選択するよう要求すると、どちらを選ぶだろうか。おそらくリスクの小さい方を選ぶだろう。次に、リスク以外の条件として、Aにおける利益を B_a 、Bにおける利益を B_b として同じ要求をしたらどうだろうか。今度は、リスクの他に利益も考えて、そのかねあいから本人が得と考える方を選ぶだろう。この問題は、リスクー便益のトレードオフに関するものだが、実際の建物にたいしてもこういったこと利用者が行えることが望まれる。ところで、こういった個人による意志決定が行われる場合、当然「選択をどうするのかの決定

権は本人にある」。言い替えると、「危険のレベルをどこまで認めるかは本人の自由である」ということになり、各利用者がこの判断を行うためには、危険度は個人ごとに算出される必要がある。

このように建物の利用者に対して、建物を利用したときの危険性が明確に提示されるべきではないかという考え方があり、本論文もこの考え方に沿っている。そこで、危険度は個人ごとに求めたほうが良いと考え、本論文で提案する評価法では、個人ごとの危険度、つまり個人リスクを扱うことにする。

3) 個人リスクと社会の関係

建物火災の個人リスクと社会の関わりかたについて、本評価法の考え方を明確にするために、例を挙げ社会リスクと対比させながら説明する。

仮に個人リスクがRである利用者が、Aの空間には2人、Bの空間には3人いるとする。両空間の社会リスクは、Aは $2 \times R$ 、Bは $3 \times R$ であるから、社会リスクで比べるなら、Bの方が危険であると言える。しかし、本評価法のように、個人リスクで比べるなら、両空間の危険度は共にRである。Bの方の人数をもっと増やしても危険度は同じだろうか。むろん、何人になっても両者の危険度に差は無い。ただ、建物火災においては、人数が増えると、避難にそれだけ混乱が生じて、危険性が高まると考えられる。つまり、Bの人数がある程度増えると、個人リスクがもとのRよりも増加するので、個人リスクで比べてもBの方が危険であると結論できるようになる。このように、個人リスクは、単独で計算されるわけではなく、お互いに影響を及ぼしあった結果定まるものであることが分かる。つまり個人リスクは周囲の条件（例えば何人いるか）をある程度反映したものであると言える。そこで、本評価法では個人リスクが反映しうる範囲内で、社会の様子を表そうとしているわけである。

ところで、本評価法では扱っていないが、社会リスクで表すことは、建物の火災危険度を概括的に捉え易いので、建物の持ち主や取り締まりを行う行政側にとっては有用であり重要であると考えられる。社会リスクは個人リスクの総和として簡単に求められるので、必要な機会があれば評価法に容易に取り込めると考えている。

1-2-2 個人的意志の社会化

1-2-1で「選択をどうするのかの決定権は本人にある」と述べたが、個人の住宅などを除いて、ほとんどの建物は不特定多数の人々が利用する。しかも、各個人にと

っては、その建物を使用する権利があるとか、その建物を使わざるをないという場合が多く、個人の選択の自由が侵されてしまい兼ねない。従って、個人の意志の代表として社会的な合意のもとに建物の危険性に対して何らかの制限が加えられる必要がある。この際、大きく二つの立場考え方が有る。一つは危険が全く生じないことを前提に、可能な限り危険を小さくしようと制限を加える立場、もう一つは、ある程度以下の人命危険度は払拭できるものではないので、社会的判断により受忍される危険レベルを越えないように制限をする立場である。前者がある状態が危険かどうかのみを問題にしているのに対し、後者はある状態の危険性が許されるかどうかを問題にしていることになる。本論文では、後者の立場から話を進めていく。

1-2-3 危険の求め方

1) 確率の導入

選択は、本人あるいは社会の意志決定にもとずいて行われることはすでに述べた通りである。この際、第三者的な立場にある評価法としては、危険か安全かのどちらかの答えを出してしまう方法よりも、危険の度合を数字にして、判断は本人なり社会なりに委ねる形式のほうが望ましいと考えられる。又これ以前の問題として、何でもって危険を表現するか、危険の指標として何を用いるかについても、やはり社会的な合意が得られねばならない。したがって、評価法の軸となる危険度の指標には高い客観性が要求される。このような観点から確定論的な手法は避け、次に述べるような利点をもつ確率論的な考え方を導入して評価を行うことにした。

2) 確率論的評価の利点

確率論は数学の一分野としては、すでに十分に成熟した理論で、概念が明確で、かつ演えき性に優れているという特長をもつ。したがって確率論的な危険度評価を行うことの利点としては、一つは火災のような複雑な事象でも正しく適用を行えば客観的に答えを導くことができること、もう一つは、評価法中のパラメータが全て数量化されているため危険度算定の過程が明確であり、新しい情報の付加に伴い容易に値を修正できることである。

但し、本評価法はまだ試論の段階にあり、統計資料をもとにいくつかの事象に部分的に確率を与えて評価を行ってはいるが、一方で確定的に事象を定める部分も多く、全体として確率論で評価するには至っていない。

1-2-4 評価法の利用方法

仮に、第2章以下で述べるような手法で危険度が得られるとするし、この値がどの

ように利用できるかについて考察してみる。

1)危険度分布の把握

評価法を多数の建物に適用することで、例えば図1-1に示すような危険度の度数分布が得られる(付録(2)図付-1参照)。これによって、①建物同士の相互比較が可能となり、全体の中での各建物の危険度の位置を示すことができる。②先に述べた危険度の基準レベルを設定する際の参考とすることができると思われる。(例えば、中央値とか危険な方から10%の値などにすることができよう)

2)防火設計の成否の判断

これは、利用方法というより、むしろ本評価法の目標というべきものだが、設計者の与える条件(図面、管理方式、利用想定等)をもとに、評価法を用いて危険度を算定し、基準レベルと比較しながら設計を進めることができる。これを概念フローに表すと図1-2になる。

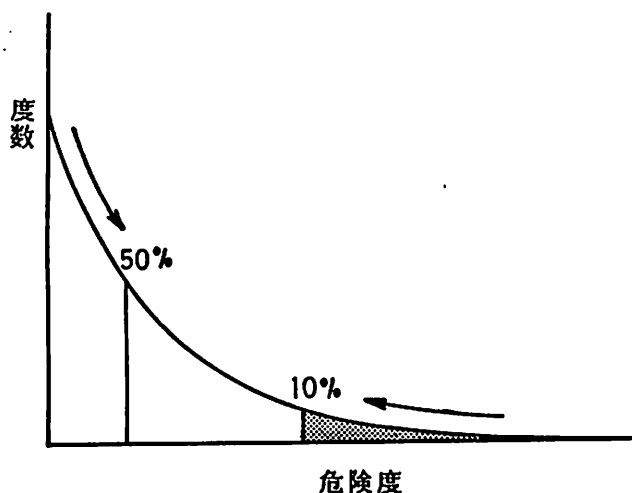


図1-1 危険度分布の一例

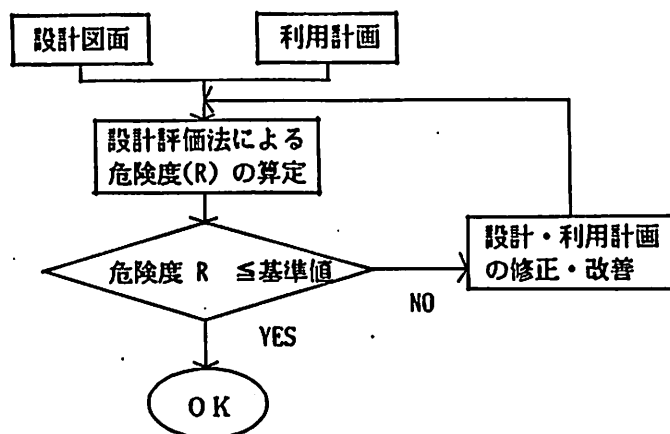


図1-2 評価法の概念フロー

1-2-5 評価法の客観化についての考え方

本論文で提案する評価法は、火災について得られている個々の知識を、条件を限定して全体に組み上げたアセスメント手法というべきもので、その評価法の客観性を実証するためには膨大な数の建物に対して評価を行い、それらと火災統計を照らしあわせていく作業が必要である。これには多大の労力と長い年月がかかるが、筆者らはその第一段階として、A県内にある病院と宿泊施設各30棟ずつにたいして実態調査を行った。(付録(2)参照)又、名古屋市N区内の雑居ビルの全数(308棟)についてのデータの蓄積も行った。(文2)

1-3 既往の評価法

建物の火災危険度を評価する代表的な研究例として以下の3つの評価法を概説する。

A. 特定防火対象物の防災性能の評価方法（東京消防庁）（文3）

B. 医療施設の防火安全性評価（米国NBS、HEW）（文4）

C. ツリーによる総合火災安全性の評価（米国GSA）（文5）

これらの評価法の内容は表1-1のようにまとめられる。

A. は各項目に与えられる得点が、死亡者の有無という統計的事実に基づく重み付けであるため、客観性は高いが、一方、建物のどの部分が危険なのかについての答えは得られない。

B. は、対象物を防火（もしくは防煙）ゾーンごとに比較できるため、設計へのフィードバックが容易である。また、利用者の要素と建物の要素を分離して判定する方法をとっており、Rを避難時間、SGを避難路が避難不能となるまでの時間と考えれば評価法として分かりやすい。ただし、Rの算出が各要素の得点の積によるのに対して、SGは火災が制御できなくなるほど拡大する割合に関係する要素（スプリンクラー、内装など）も含めて、各要素の得点の和で与えられる形となっており、積と和の関係が明快でない点、得点を専門家の判断によっている点で客観性に乏しい。

C. は延焼阻止ツリーについては、各要素の作動性をうまく取り入れて評価しているが、ツリー方式だけでは結局時間変動の大きいヒューマンファクターを取り込めず、未完である。

このように、建物のどの部分の何を対象として評価するか、及び評価をどうやって客観化するかが評価法を提案する際の大きな問題である。

表 1 - 1 評価法の比較

名称	A. 特定防火対象物の防火性能の評価方法	B. 医療施設の防火安全性評価	C. ツリーによる総合火災安全性の評価
目的	人命危険性の評価	建物各部での火災安全性	建物全体としての火災安全性
対象	不特定多数を収容する特殊用途の建築物	医療施設	建築物全般
基本構造	<p>①火災事例 111 を抽出、人命危険要因 29 項目それぞれに対してどの程度不備であったかを細目での×印の数でチェックする。</p> <p>②111 の事例のうち、死亡者の有無による 2 グループに最もよく分かれる重みを 29 項目に対して与え、項目の合計値で全体の危険度を推計する。</p>	<p>①各対象ゾーンを利用する人で決まる人命危険度 (R) を得点表から計算する。</p> <p>②各種対策 (構造・内装・スプリンクラーなど) の水準に対応して決まる得点 (SG) を計算する。</p> <p>③ $SG \geq R$ が達成されれば可。</p>	<p>全体としては、各防火対策の成功確率をツリー解析により総合化したもの。ただし、完成しているのは火災拡大のコントロールの枝だけであり、この部分では、消火システムの消火確率、隔壁の耐火性を考慮して空間規模ごとに成功の確率を求めている。</p>
評価の尺度	各項目の重み付点数の合計値	上記①、②の各得点はデルファイ法による専門家の判断。	空間規模ごとに与えられる各システムの成功確率 (統計や専門家の判断) の積。
基準	評価した事例全体での平均的な値に対して、その $1/3$ 以下、 $1/3 - 1/2$ 、等のランク付けを行なっている。	$SG \geq R$ かつ SG の要素である火災室の封じ込め (S1)、消火 (S2)、避難安全 (S3) のそれぞれの値が基準値以上であること。	火災拡大コントロールについては、空間規模ごとに成功確率の下限を基準値として与えている。
その他	出火危険、火災の拡大性の評価は手法上対象外、発展的内容のもの (文 6) はあるが分かりにくい。	既存建物では各対策の基準値が低めに設定されている。	全体としての判断機構は未完

第2章

評価法の基本構造

2-1 目的

2-2 危険の定義

2-3 危険度の指標

2-3-1 本評価法で用いる指標

2-3-2 その他に考えられる指標

2-4 基本構成

2-4-1 シナリオの作成

2-4-2 危険度の算定手順

2-4-3 条件の設定

2-4-4 危険度の計算式

第2章 評価法の基本構造

2-1 目的

本章で提案する評価法の目的は、建物内火災に伴い人命が損なわれる可能性を定量化することである。本章では、評価対象とする建物の種類・規模を絞らず、評価法の基本的な枠組みを説明する。尚、本評価法は、現在までの火災の統計資料など、経験的知見をもとに人間の行動も含めた火災のシミュレーションを与えられた建物に対して行い、滞在者ごとにその危険度を定量化することを目的としている。したがって、この手法はあくまでも過去のデータを利用したアセスメントとして位置づけられるものであり、これまで発生したことのない未知の原因による火災危険まで予測出来るものではない。

2-2 危険の定義

ここまで危険という言葉の意味を明確にしてこなかったが、ここで本論文で扱う危険を「建物内火災により死亡すること」と定義する。本評価法では、各滞在者に対して次に述べる安全時間と限界時間を計算し、安全時間の方が長い滞在者は危険、すなわち死亡するとしている。

- ・限界時間：出火から火災の脅威（熱、煙、ガスなど）が許容値に達するまでの時間とする。（全滞在者同一値）
- ・安全時間：出火を時間軸の原点として、滞在者が火災の危険から解放されるまでに要する時間とする。

2-3 危険度の指標

2-3-1 本評価法で用いる指標

危険度の指標の選定は、その手法の性格を決定づけるものとなるので、非常に重要な意味を持つ。ここでは、第1章で述べた概念を反映しうるものとして、①個人ごとに算出可能であること、②確率論的な評価が可能であることを条件に、次の二つの指標を考える。

指標Ⅰ：期待危険回数→単位時間その空間に滞在することで「危険」になる期待回数。単位は（回数／滞在時間）で表される。

指標Ⅱ：危険からの期待距離→（安全時間－限界時間）の期待値で表される。単位は（秒）で、負の値もとりうる。小さいほど避難に余裕があることを示す。

指標Ⅰは、空間に潜在する危険（火災により死亡する）に、ある時間さらされる中で、どのくらいの度合でそれが顕在化するかを表すものである。一方、指標Ⅱは避難時にどれだけ余裕があるか、あるいはどれだけ余裕がないかを表そうとするものである。値が負であれば、期待値としては避難が間に合うことを表す。危険度の評価は指標Ⅰを主体に行い、指標Ⅱは指標Ⅰがうまく表現できない部分を補完するものとして位置づける。また、時間の設定値に不確かな部分があるため、指標Ⅱにはそれを吸収する意図も含まれている。

原則としてこれらの指標を、自階出火の場合と他階出火の場合について求める。従って、一つの空間に対して四つの指標を計算することになる。但し、指標Ⅰ同士を加えて、建物内出火による危険度としてあわせて考えることもできる。

2-3-2 その他に考えられる指標

ところで、その他に考えられる指標としては、次のようなものがある。

- ・危険を受けるまでの期待時間→どれくらいの間、その空間に滞在すれば危険を1回受けるかを期待値で表らわしたもので、値は指標Ⅰの逆数に等しい。単位は（滞在時間／死亡）である。
- ・滞在時間当りの期待死亡者数→第1章で述べた社会リスクに相当する指標で、建物内とか同一階あるいは同室内というようなあるグループの構成員のうち、滞在時間あたりに何人が危険になるかを表す。値は構成員の個人リスクの総和となる。単位は、（人／滞在時間）で表される。

2-4 基本構成

火災発生に伴う事象はきわめて複雑であるので、実際の設計や既存建築に対してこの評価法を適用する際、何らかの仮定や簡略化が必要となる。そこで、火災をいくつかのシナリオに分けることで、第1章で述べた確率論的評価を具体化している。

2-4-1 シナリオの作成

危険度に大きな影響を及ぼすと判断される要因ごとに成否の確率を与えてイベントツリーを作る。この際、時間経過も考慮して火災発生に伴い起こる事象をいくつかのシナリオに代表させる。結果として複数のシナリオが、想定する出火室ごとに作成されることになる。各シナリオの生起確率は異なっており、それぞれのシナリオで滞在者は助かったり助からなかったりする。

2-4-2 危険度の算定手順

上記の定義から、指標Ⅰを求めるには、滞在時間当たりどれだけ出火するか（出火率）、そして出火したとしてその内どれだけで死亡するか（ある出火での死亡確率）の

2つの要素を評価すれば良いはずである。又、指標Ⅱは、色々想定しうる火災のケース（出火場所が違うとか、消火に成功するとか失敗するとか等）ごとに安全時間と限界時間の差を求めることから導けるはずである。そこで、ある滞在者(i)の危険度を以下のような構造で求めることとした。

→1)建物と人間行動の条件を与える。

→2)ある滞在者(i)に影響を及ぼしうる全ての空間 ($j = 1, n$)の内、j室での出火を考える。

→3)危険度に大きな影響を及ぼすと判断される要素の成否により事象を分岐させ、火災発生に伴ない起こる事象をいくつかのシナリオ ($k = 1, m$)に代表させる。

→4)各々のシナリオで火災性状・煙流動、及び人間行動を並行してシミュレートし、限界時間と安全時間を計算する。

→5-1)限界時間と安全時間を比較し、滞在者(i)が死亡するシナリオの生起確率を合算する。この値がj室出火による死亡確率である。そこでこれにj室の出火率 F_j をかけたものがj室出火による滞在者(i)の期待危険回数となる。全空間 ($j = 1, n$)についてこの値を求め、合算することで滞在者(i)の期待危険回数を得られる。式(2-2)

→5-2)各シナリオで滞在者(i)の危険時間と安全時間の差を計算し、これをそれぞれのシナリオ($k = 1, m$)の生起確率で重みづけて合算する。これがj室出火によるものである。全空間 ($j = 1, n$)についてこの値を求め、出火率の合計に対する各空間の出火率で重みづけて合計することで、滞在者(i)の危険からの期待距離が得られる。式(2-3)

2-4-3 条件の設定

以下の条件・計算プログラム等は適用に際して与えられるものとする。

1)建築・人間行動の条件

- ・建物側の条件（設計図面、内装材、防災設備（信頼性を含む））
- ・人間行動の条件（滞在者の分布（防災センター配置人員を含む）、運動能力・避難方向は与え、現段階では意志決定など心理的要因までは含めない）

2)出火率

ある空間において、単位時間あたりに出火（注2-4,1）が発生する期待回数で表す。ここでは空間の用途と面積によってのみ規定されたとする。実際には、利用者の頻度、立地の環境、用途区分の不明確さなど考慮すべき要素は多いが現状では情報化できない。

本論文では、火災発生から消火あるいは避難完了あるいは避難不能に至るまでの時間を扱っている。したがって、厳密に言うなら一つの建物内で全く独立の複数の火災が同時に進行することも起こりうるが、ここではその確率は非常に小さいと考えて、考慮しない。つまり、出火率については、火災は一瞬であると考えている。ここで、出火率を式で表すと、

$$F_j = f \cdot a_j \quad (2-1)$$

F_j : 空間 j の出火率 (回/年)

f : 用途別床面積当りの出火率 (回/年・ m^2)

a_j : 空間 j の床面積 (m^2)

f については将来、統計資料を利用できると考えているが(注2-4,2)、現状では統計資料が不備のため本論文では f のままで用いる。

3) 火災性状・煙流動予測シミュレーション

火災の発生した空間でのフラッシュオーバーの発生時期、廊下への煙の流出量・濃度、煙の拡散等を計算する。これと同時に、火災感知器・スプリンクラー等、火災の物理性状だけで作動の決まるものについては、この作動時期も時間軸上に算出される。

4) 人間行動のシミュレーション

管理者が火災発生を覚知してから避難誘導に至るまでの行動と避難者が滞在する空間から安全域(火・煙から安全に区画された空間)まで移動する避難行動のシミュレーションをする。

以上の条件の他に、実際の平面に適用する際には、さらに細かい条件設定を別に与えている。これについては、3章で述べる。

2-4-4 危険度の計算式

上記の構造にしたがい、危険度は下式で表わされる。

1) 指標 I : 期待危険回数

$$E R_i = \sum_j \{ F_j \cdot \left(\sum_{k=1}^m P_{jk} \cdot \delta_{ijk} \right) \} \quad (2-2)$$

2) 指標 II : 危険からの期待距離

$$E D_i = \frac{\sum_j [F_j \cdot \left\{ \sum_{k=1}^m P_{jk} \cdot (S T_{ijk} - C T_{jk}) \right\}]}{\sum_j F_j} \quad (2-3)$$

$E R_i$	:	滞在者 i の期待危険回数	(回/年)
$E D_i$	:	滞在者 i の危険からの期待距離	(秒)
F_j	:	出火空間 j の出火率	(回/年)
P_{jk}	:	出火空間 j でシナリオ k の生起確率	(回/年)
$C T_{jk}$	:	出火空間 j シナリオ k での限界時間	(秒)
$S T_{ijk}$	:	i の出火空間 j シナリオ k での安全時間	(秒)
δ_{ijk}	:	$= 1$ ($C T_{jk} < S T_{ijk}$) {死亡する}	
	:	$= 0$ ($C T_{jk} \geq S T_{ijk}$) {死亡しない}	

(注2-4,1) 出火の定義

制御不能の燃焼に至ったものとする。但し、統計データは消防署に通報のあったものを用いる。

(注2-4,2) 用途別床面積当りの出火率

式(1)の f を病院について算出してみると、昭和51年の統計では、床面積 = 5.86 × 10 (㎡)、出火件数 = 185 (回/年) より、 $f = 3.2 \times 10$ (回/年・㎡) となる。(床面積は、建築行政、1979, NO.112、掲載の「建築におけるエネルギー消費構造について」に示された数値、出火件数は、昭和52年版消防白書の統計を用いた)

第3章

評価法の適用

3-1 対象建物

3-2 危険度の再定義

3-3 出火階評価

3-3-1 概略

3-3-2 シナリオの作成

3-3-3 適用にあたっての条件設定

3-3-4 危険度の計算

3-4 非出火階評価

3-4-1 概略

3-4-2 シナリオの作成

3-4-3 適用にあたっての条件設定

3-4-4 危険度の計算

3-5 危険度算定の具体例

3-5-1 対象建物

3-5-2 出火階評価

3-5-3 非出火階評価

第3章 評価法の適用

本章では前章で説明した本評価法の基本構造をもとに、評価法を実際の建物に適用する際の詳細について、対象建物を限定し、出火階評価と非出火階評価に分けて説明する。評価方法を二つに分けるのは、避難経路などの重要な条件が両者の間で異なるためである。

3-1 対象建物

低中層の中規模の耐火建築を例として評価法を適用する。空間形態としては小空間（個室）が廊下によって連結された型のものを対象とする。具体例としては、3-5で病院について危険度を求めている。

3-2 危険度の再定義

2-2において、危険を「建物内火災により死亡すること」と定義したが、煙の拡散予測と避難シミュレーションの重ね合わせから「死亡」を推定することはきわめて困難である。そこで、耐火建築の火災においては煙による死亡例が多いことに着目して、滞在時間当り死亡する回数は、煙により通常の避難が不可能となる回数に比例すると仮定し、避難不能回数を評価することで死亡回数の評価に変える。又、限界時間は煙濃度が許容値を越えるまでの時間とする。さらに、単位を滞在時間当りとするとう出火率の時間変動などの要素も入るため、とりあえず在室者は常に滞在すると考え、滞在時間を単位時間に読みかえる。

以上から2-3で示した危険度を次のように定義し直す。

指標Ⅰ：単位時間当り火災による煙のため避難不能になる期待回数、(回/年)

指標Ⅱ：(安全時間-限界時間)の期待値。但し、限界時間は煙が許容値を越えるまでの時間を表す。

3-3 出火階評価

3-3-1 概略

まず、危険度評価を行おうとする滞在者の居る室を除く防火区画内の全室において火災が発生すると想定する。各滞在者の危険・安全は、煙によって廊下が汚染されるまでに区画外に設けられた安全域に到達できるかどうかによって判断する。両指標とも、まず各出火に対する値を求め、指標Ⅰはそれらを全出火について合算することで、指標Ⅱはそれらを全出火率にたいする各出火の出火率の比（全面積に対する出火室の面積比と同値）で重みづけて合計することによって得られる。区画外

出火の影響はとりあえず考慮しない。又、出火時刻は一番危険側になると考えられる深夜とする。

3-3-2 シナリオの作成

ある空間の出火に伴い起こる事象を複数のシナリオに場合分けする。ここでは次の4つの要素の成否を考える。

- ・ 機器類：1) スプリンクラー、 2) 出火室の扉
- ・ 人間側：3) 4) 警備職員が感知器の作動を覚知してから避難誘導に至る行動を類型化して考える。具体的には、出火室にて火災を確認後消火活動が行われるか、その消火が成功するかを枝分かれの条件として与えている。(注3-3,1)

上記4つの要素の成否により作られたイベントツリーを図3-1に示す。ここでのそれぞれの要素の時系列的配置(順序)は当然火災性状もしくは人間行動予測プログラムから決まるもので、空間(もしくは建物)が異なれば同じ順序になるとは限らない。

扉を除く各要素での分岐の確率は、既存の研究(文7)を参考に設定した。図3-1のシナリオ①、②では、扉の開・閉の要素による分岐がないが、これは、フラッシュオーバー(F.O.)以前に初期消火が成功して避難不要と判断しているためである。それ以外の初期消火のなされないシナリオでは、F.O.時の出火室の扉の開・閉により分岐し、その閉鎖確率(p)は筆者らが行った実態調査結果(付録(2))をもとに、設定した値を用いる。(扉の仕様によって異なる)(注3-3,2)

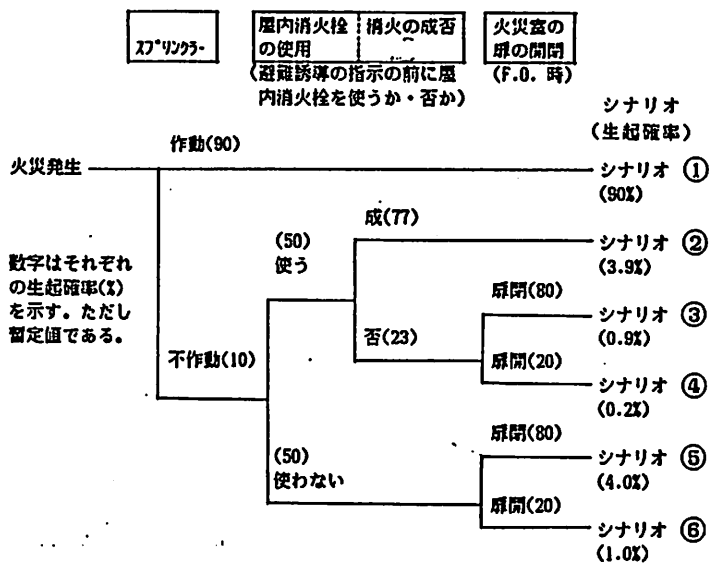


図3-1 火災のシナリオ化(イベントツリー)
(扉の閉鎖確率p=0.8とした例)

各シナリオの生起確率は()内の値の積で表される。

- シナリオ① スプリンクラー作動(0.9)
- シナリオ② スプリンクラー不作動(0.1)×消火活動(0.5)×消火成功(0.77)
- シナリオ③ スプリンクラー不作動(0.1)×消火活動(0.5)×消火失敗(0.23)×扉閉(p)
- シナリオ④ スプリンクラー不作動(0.1)×消火活動(0.5)×消火失敗(0.23)×扉開(1-p)
- シナリオ⑤ スプリンクラー不作動(0.1)×消火せず(0.5)×扉閉(p)
- シナリオ⑥ スプリンクラー不作動(0.1)×消火せず(0.5)×扉開(1-p)

3-3-3 適用にあたっての条件設定

評価法の適用にあたっては、第2章で述べた基本的な条件に加えてさらに詳しい条件の設定が必要となる。ここでは、3-4で説明する非出火階評価と共通の項目は○で、異なるものは●で表している。

限界時間 (CT)



安全時間 (ST)



(1) ●限界時間

3-2でも述べたように、出火から、滞在者が煙のため避難不能になるまでの時間とする。具体的には、避難空間の煙の減光係数 C_s が、一般人の避難時の許容濃度である $0.15/m$ (文8)を越すまでの時間 (付録(1))を指す。

(2) ●安全時間

出火から、滞在者が安全域に達するまでの時間、あるいは初期消火が達成されるまでの時間とする。煙のため避難の途中で避難不能になる場合も、煙のない状態であればどれだけかかるかをシミュレートして求める。

安全時間 (ST) は、初期消火が有効でないシナリオ③④⑤⑥では、避難開始時間 (T1)、避難行動時間 (T2) の和として求める。

$$ST = T1 + T2 \quad (3-1)$$

・避難開始時間 (T1)

出火から避難が開始されるまでの時間で、管理者が消火活動を行うかどうかによって異なるとする。(注3-3,3)

・避難行動時間 (T2)

避難指示を受けた滞在者が通路へ出た時点以降、安全域に到着するまでの時間とする。避難に関しては、自力では移動できない患者の安全をどう確保するかが計画上の重要課題であることから、この点を考慮できるシミュレーションモデルを作成・実行した。(注3-3,4)

(3)建物の条件

●病室以外からの出火は考えない。

○防災センターがあり、24時間体制で管理行動マニュアルに従う警備職員が居る。

(4)人間の条件

●滞在者の能力を3段階に標準化・分類する。滞在者の配置は、利用実態調査にもとずき分布させる。(注3-3,5)

○出火室以外の空間に居る人間は感知器作動後、防火に対し責任をもつ職員の指示があって初めて避難行動を開始するものとする。

○上記職員以外の消火・誘導等の活動は考えない。また、職員の危険度は考慮しない。

3-3-4 危険度の計算

2-4-4から危険度は次式で求められる。

1)指標Ⅰ：期待危険回数

$$E R_i = \sum_j \{ F_j \cdot (\sum_{k=1}^6 P_{jk} \cdot \delta_{ijk}) \} \quad (3-2)$$

2)指標Ⅱ：危険からの期待距離

限界時間が無限大であるシナリオ①②は、計算に含めない。

$$E D_i = \frac{\sum_j [F_j \cdot \{ \sum_{k=3}^6 P_{jk} \cdot (S T_{ijk} - C T_{jk}) \}]}{\sum_j \{ F_j \cdot \sum_{k=3}^6 P_{jk} \}} \quad (3-3)$$

$E R_i$	：	滞在者 i の期待危険回数	(回/年)
$E D_i$	：	滞在者 i の危険からの期待距離	(秒)
F_j	：	出火空間 j の出火率	(回/年)
P_{jk}	：	出火空間 j でシナリオ k の生起確率	
$C T_{jk}$	：	出火空間 j シナリオ k での限界時間	(秒)
$S T_{ijk}$	：	i の出火空間 j シナリオ k での安全時間	(秒)
δ_{ijk}	：	$= 1$ ($C T_{jk} < S T_{ijk}$) {死亡する}	
	：	$= 0$ ($C T_{jk} \geq S T_{ijk}$) {死亡しない}	

(注3-3,1) シナリオへの人間行動の組み込みについて

シナリオの内容を決める際、人間行動のパターン・信頼性をどう想定するかで危険度の期待値は大きく変動すると判断されるが、ここでは、3-3-3の条件にも示したように、空間滞在者の避難行動の起点は責任ある者(防災センター職員など)の指示・誘導によってのみ誘発されると考え、避難者の自己判断による行動等はシナリオ化しない。これは、このように定められたシナリオが、人間行動の組み合わせの中で最も危険な結果を生み出すことになると判断しているからである。ただし、この判断は多くの火災事例を用途ごとなどで分析することで明らかにされねばならない。

(注3-3,2) 火災シミュレーション1・扉の開閉の意味とその確率

出火室から流出する煙は、開口部（扉 $H=2.0\text{m} \times w=1.2\text{m}$ ）での重力換気により流出量が決まり、その煙濃度は $C_s=20/\text{m}$ と仮定した。また扉が開状態であれば（シナリオ④⑥）、F.O.直後に廊下が $C_s \geq 0.15$ となると仮定し、閉状態であれば（シナリオ③⑤）、すき間から洩れ、廊下全体に瞬時一様拡散するとした。尚、F.O.まで開口部（扉）からの煙の流出はないものとした。

扉が閉状態である確率(p)は、その仕様ごとに表3-1の通り設定する。

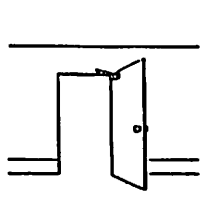
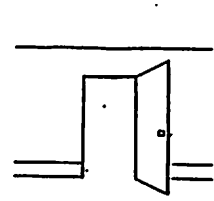
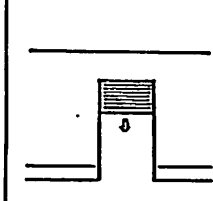
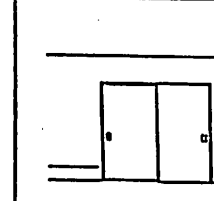
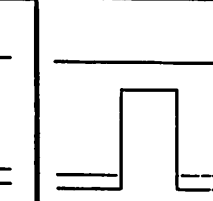
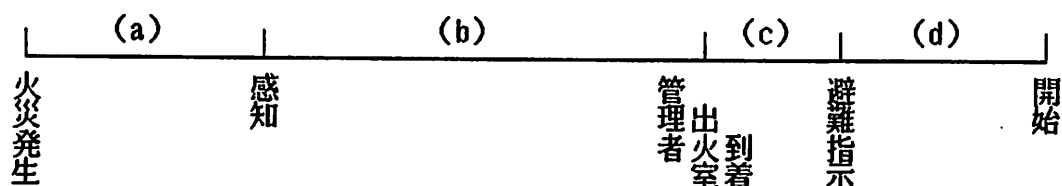
部屋の扉の開鎖確率				
閉鎖機構の有るドア	閉鎖機構の無いドア	手動式シャッター	引戸	開放
				
0.7	0.6	0.1	0.5	0

表3-1 部屋の扉の開鎖確率

(注3-3,3) 避難開始時間 (T_1)

T_1 は、次に示す4つの時間(a)(b)(c)(d)からなる。



(a) 出火空間に設置されている感知器の種類により定まる。（注3-3,6）

出火の感知は感知器によるもののみを考える。

(b) 防災センターで覚知し出火室に到着するまでの所要時間は、退室までの時間（10秒と設定）と移動時間（歩行時間（距離／速度（ 2.0 m/s とした））＋エレベーター待ち時間・乗車時間）の合計とした。

(c) 屋内消火栓により消火を行うシナリオ③④では25秒、消火を行わないシナリオ⑤⑥では10秒とした。

(d) 避難指示が出た後病室を退室するまでの時間は、要介助患者の場合、看護婦到着までの時間と到着後避難を開始するまでの時間（文9）を参考に10秒とした）の合計。自力患者の場合、（文9）を参考に起床に要する時間を考慮し、どの患者も一様に30秒後に同時に廊下に現われるものと仮定した。

(注3-3,4) 避難行動時間 (T2)

自力では避難できない患者を看護婦が介助し移送する活動、また、看護婦の動線と自力で避難する患者の動線が重なる際に生じる対向流も考慮できるプログラムを新たに考案し用いた。シミュレーション実行上の条件を以下に示す。

・避難誘導方法・避難経路

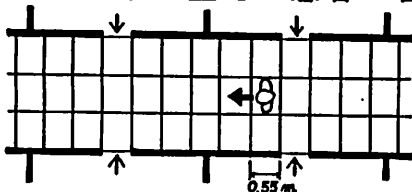
患者の避難方法は次の2つに分けた。

①自力移動の可能な患者：防災センター職員から避難の指示を受けた後、自力で安全域へ移動する。

②自力移動の困難な患者：防災センター職員から安全域の指示を受けた看護婦により介助（患者1人に対し看護婦2人）され移動する。本報では、夜間の火災発生を想定しているので、勤務看護婦は2名のみとする。

安全域に至る避難経路の選択は、出火室の前を通らないことを原則とし、2種以上の可能な経路が存在する場合は距離の短い方を選択する。②の患者の場合、避難距離の長い病室から順次、介助されるものとした。なお、ここでいう安全域とは、火・煙から完全に区画され、必要面積を有している空間であり、ここに到達すれば、避難完了とした。病棟の場合、患者の運動能力を考慮し、水平避難可能な同一階に設計されているとした。

・プログラム上での患者・看護婦の動き方

 ①歩行という連続事象を通路に割りつけたメッシュ上の移動として表現する。長さの基本単位としては、人間1人が歩行中占めるスペースを人間工学上の知見(文10,11)を参考に1メッシュ横(0.7m)×縦(0.55m)とした。時間の基本単位としては、患者の設定歩行速度のうち、0.8m/sで1メッシュ進む時の時間0.7秒を選んだ。

②占有するメッシュの個数は、自力患者は1メッシュ、介助された患者は看護婦と合わせ横2メッシュ、また介助に向かう看護婦も横2メッシュとした。

③移動は原則として1つ前方のメッシュへ行なわれる。0.8m/sの患者は0.7秒で1メッシュ、0.4m/sの患者は1.4秒で1メッシュ進む。1つ前方のメッシュに自分より速度の遅い患者がいる場合のみ、一旦横のメッシュへ移動（待ちとなる）した後、追い越し可能とした。更に、自力患者の流れと介助中の看護婦との合流・対向流が生じた場合、任意のメッシュへの移動の優先権は看護婦側に与え、自力患者は、前方5メッシュ先に看護婦を発見すると横のメッシュへ進路を変更する。

(注3-3,5) 患者の運動能力と病室位置

志田らの調査結果(文12,13,14)から、患者の移動形態(要介助、自力で車いす使用・杖使用、自由歩行の3種)別の構成比率と移動速度を設定し(表3-2)、看護上の通例に従って、介助を要する順(前記の移動形態の順番)にナースステーション近くの病室となるように患者を分布させた。ただし、重症患者用に設計されている空間(重症個室・集中治療室等)がある場合は、それに従った。

表3-2 患者の移動形態別の構成比率と移動速度

	自由歩行	車椅子・杖	要介助
構成比率	65%	2.0%	15%
移動速度	0.8m/s	0.4m/s	0.8m/s (担送)

(注3-3,6) 火災シミュレーション2 感知器・スプリンクラーの作動時期

天井面での熱気流の温度・速度を与えて、熱感知器、スプリンクラーの作動時期、F.O.の発生時期を計算する。初期火災モデル(文15)は病室のような小部屋での火災には適用不適用のため、(文16)の椅子の燃焼による熱気流温・速度を境界条件として、スプリンクラーの作動は出火後145秒、定温式スポット型熱感知器(特種、70℃)の作動時期は出火後85秒とした。又、煙感知器の作動時期については、建設省総合技術開発プロジェクトにおいて、熱感知器との作動時期の差を-60秒としているため、ここでは出火してから25秒後に作動するとした。又、実験結果では、180秒で気流温が600℃を越えるため、この時期にF.O.が起こると仮定した。

3-4 非出火階評価

3-4-1 概略

建物内全空間からの出火を考え、煙によって全階段室が汚染される前に滞在者が避難できるかどうかによって危険・安全を判断する。各階における避難の最後尾になる滞在者の危険度を求め、その値をその階の危険度として代表させる。したがって危険度は各階ごとに求めることになる。

煙による危険は出火階より上階にしか及ばないとして、両指標とも、まず各出火に対する値を求め、指標Ⅰはそれらを全出火について合算することで、指標Ⅱはそれらを全出火率にたいする各出火の出火率の比（全面積に対する出火室の面積比と同値）で重みづけて合計することによって得られる。又、出火時刻は一番危険側になると考えられる深夜とする。

3-3-2 シナリオの作成

ある空間の出火に伴い起こる事象を複数のシナリオに場合分けする。ここでは次の2つの要素の成否を考える。

- 1) スプリンクラー
- 2) 出火室から階段に至る通路にある扉

この要素の成否により作られたイベントツリーを図3-2に示す。1)の分岐の確率は出火階評価にならった。2)の分岐の確率は出火階評価と同じで筆者らの調査結果にもとずいて設定したものであるが、扉の種類その他、扉のある場所や数によっても規定される。（注3-4,1参照）

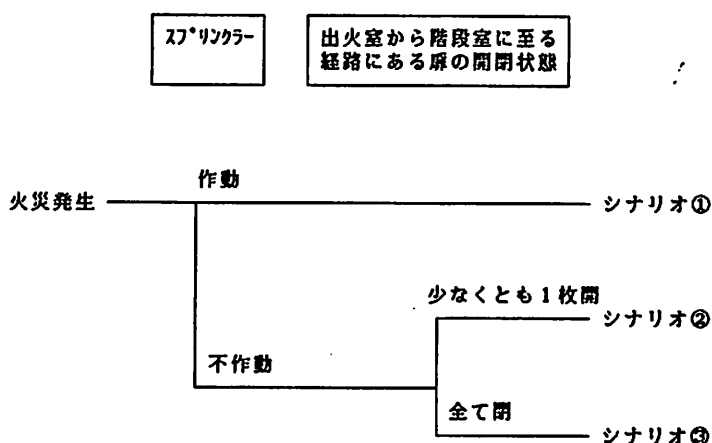
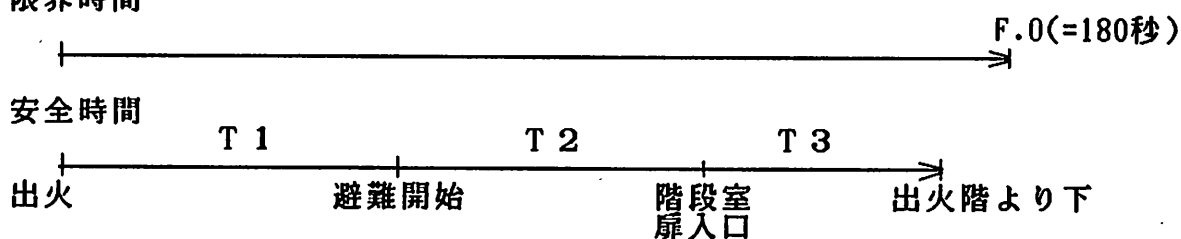


図3-2 火災のシナリオ化（イベントツリー）

- シナリオ① スプリンクラー作動(0.9)
 シナリオ② スプリンクラー不作動(0.1)×全階段は汚染されない(p)
 シナリオ③ スプリンクラー不作動(0.1)×全階段室が汚染される(1-p)

3-4-3 適用にあたっての条件の設定

限界時間



(1)●限界時間

階段室が煙に汚染されるまでの時間を限界時間とし、一律に $t = 180$ 秒とする。

$$C T = 180 \quad (3-4) \text{ (注3-4,2)}$$

(2)●安全時間

安全時間は、出火 ($t = 0$) から危険度評価をしようとする階の滞在者全員が出火階を通過し終えるまでの時間を指し、避難開始時間 ($T1$)、避難行動時間 ($T2$)、階段下降時間 ($T3$) の三つの和として求める。

$$S T = T1 + T2 + T3 \quad (3-5)$$

- ・避難開始時間 ($T1$) は、出火から避難が開始されるまでの時間で出火空間に設置されている感知器の種類、建物における非常放送の有無、管理体制により異なる。 (注3-4,3)
- ・避難行動時間 ($T2$) は、対象階の滞在者が避難開始してから階段まで避難するのに要する時間で、本報では階段入口扉での滞留時間で代表させる。階段が複数個有る場合、滞在者は各階段入口での滞留時間が等しくなるように避難する。 (注3-4,4)
- ・階段下降時間 ($T3$) は、対象階から出火階まで階段を下降するのに要する時間とする。 (注3-4,5)

(3)建物の条件

- トイレと浴室以外の全ての空間からの出火を考える。
- 各空間には感知器が設置され、出火の感知は感知器によるものだけを考える。
- 防災センターがあり、24時間体制で管理行動マニュアルに従う警備職員が居る。

(4)人間の条件

- 能力のランクづけは行わない。(運動能力A, Bは同じ扱いとし、運動能力Cは対象外とする)
- 出火室以外の空間に居る人間は感知器作動後、防火に対し責任をもつ職員の指示があって初めて避難行動を開始するものとする。
- 上記職員以外の消火・誘導等の活動は考えない。又、職員の危険度は考慮しない。

3-4-4 危険度の計算

2-4-4から危険度は次式で求められる。

1)指標Ⅰ：期待危険回数

$$E R f = \sum_j \{ F_j \cdot (\sum_{k=1}^3 P_{jk} \cdot \delta_{rjk}) \} \quad (3-6)$$

2)指標Ⅱ：危険からの期待距離

限界時間が無限大であるシナリオ①②は、計算に含めない。

$$E D f = \frac{\sum_j \{ F_j \cdot P_{j3} \cdot (S T_{rj3} - C T_{j3}) \}}{\sum_j \{ F_j \cdot P_{j3} \}} \quad (3-7)$$

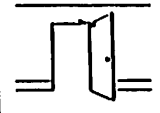
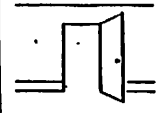
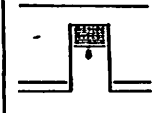
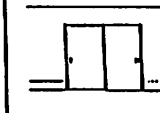

$E R f$	:	f	階	の	期	待	危	険	回	数		(回/年)									
$E D f$	:	f	階	の	危	険	か	ら	の	期	待	距	離								
F_j	:	出	火	空	間	j	の	出	火	率		(回/年)										
P_{jk}	:	出	火	空	間	j	で	の	シ	ナ	リ	オ	k	の	生	起	確	率				
$C T_{jk}$	:	出	火	空	間	j	シ	ナ	リ	オ	k	で	の	限	界	時	間		(秒)		
$S T_{rjk}$	:	f	階	の	出	火	空	間	j	シ	ナ	リ	オ	k	で	の	安	全	時	間	(秒)
δ_{rjk}	:	=	1	(	$C T_{jk}$	<	$S T_{rjk}$)														[死亡する]
	:	=	0	($C T_{jk}$	≧	$S T_{rjk}$)															[死亡しない]

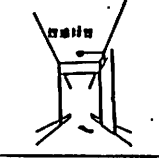

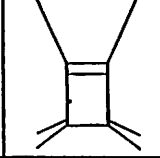
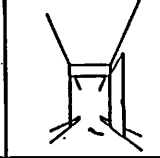
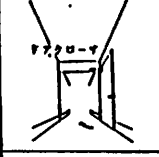
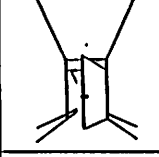
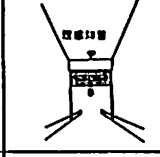
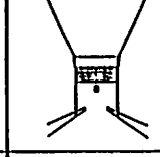
(注3-4,1) 通路の扉の開放確率

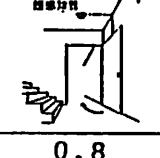
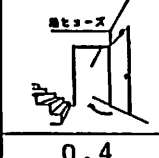
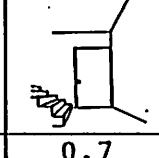
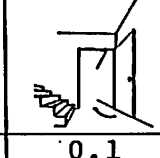
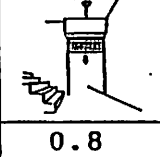
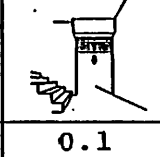
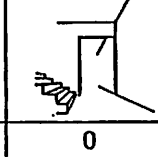
閉まっている扉からは煙は漏れないと考え、出火空間から階段室への経路にある扉が全て開いている確率を汚染確率とした。

それぞれの扉が開いている確率は、扉の種類・場所により表3-3の通り設定した。

表3-3 場所・仕様別の扉の閉鎖確率

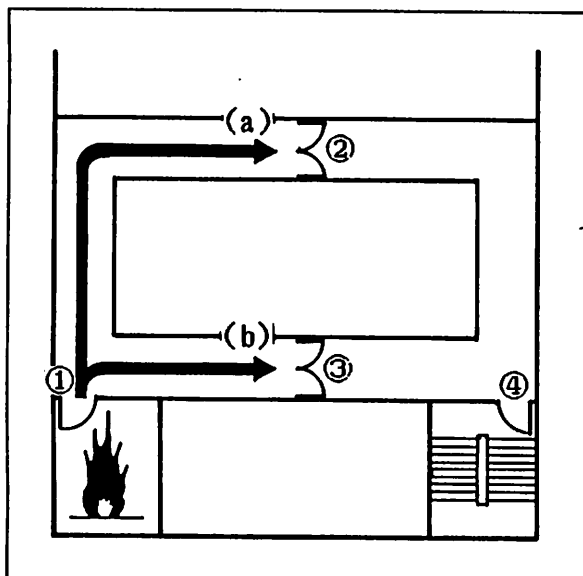
廊下の扉の閉鎖確率			
閉鎖機構の有るドア	閉鎖機構の無いドア	手動式シャッター	引戸
			
0.7	0.6	0.1	0.5
開放			
			
0			

通路を区画する扉の閉鎖確率			
煙感知器連動防火戸	熱ヒューズ式防火戸	常閉式防火戸	手動式防火戸
			
0.8	0.4	0.7	0.1
閉鎖機構の有るドア	閉鎖機構の無いドア	煙感知器連動防火シャッター	手動式防火シャッター
			
0.3	0.6	0.8	0.1

階段室の扉の閉鎖確率			
煙感知器連動防火戸	熱ヒューズ式防火戸	常閉式防火戸	手動式防火戸
			
0.8	0.4	0.7	0.1
煙感知器連動防火シャッター	手動式防火シャッター	開放	
			
0.8	0.1	0	

※1 経路が複数ある場合は少なくとも一つの経路について扉が全て開いている確率を採用した。(但し、扉の数が3枚を超える経路は全てが開いている確率が小さいものとして、除外して計算した)

(例)



左図のような場合、①②③④の扉の閉まっている事象を C_1, C_2, C_3, C_4 とし、又各扉の閉鎖確率を P_1, P_2, P_3, P_4 とすると

(a)の経路から階段室が汚染される事象はブール代数 (Boolean Algebra) を用いて表すと、

$$(1-C_1) \cdot (1-C_2) \cdot (1-C_4)$$

となる。同じく、経路(b)についても

$$(1-C_1) \cdot (1-C_3) \cdot (1-C_4)$$

となる。

どちらかの経路から階段室が汚染される事象は上記の2つの事象の和事象となるからこれを式で表すと、

$$(1-C_1) \cdot (1-C_2) \cdot (1-C_4) + (1-C_1) \cdot (1-C_3) \cdot (1-C_4)$$

となり、これはブール代数の分配法則から

$$= (1-C_1) \cdot (1-C_4) \cdot \{(1-C_2) + (1-C_3)\}$$

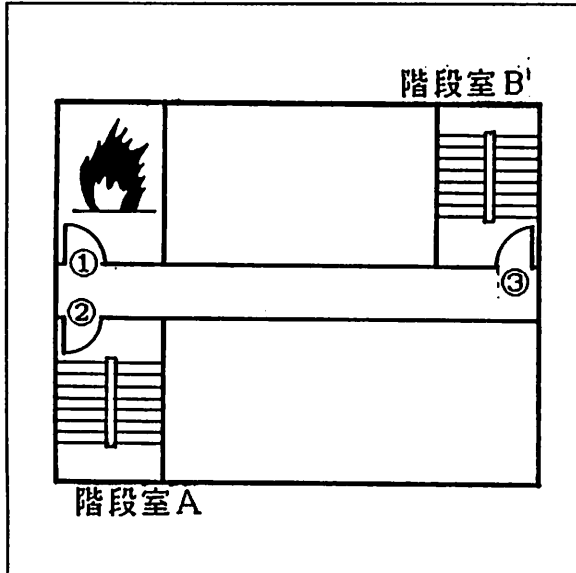
と、簡略化して書ける。

したがってこの場合、階段室が汚染される確率 P_{poll} は次式で表される。

$$P_{poll} = (1-P_1) \times (1-P_4) \times \{(1-P_2) + (1-P_3)\}$$

※2 階段が複数ある場合には、そのうちで一つでも煙に汚染されなければ、そこから避難できる。全ての階段が煙に汚染されるのは各階段が汚染されるための事象（扉の条件）の積事象である。

（例）



左図のような場合、①②③の扉の閉まっている事象を C_1, C_2, C_3 とし、又各扉の閉鎖確率を P_1, P_2, P_3 とすると

Aの階段室が汚染される事象はブール代数（Boolean Algebra）を用いて表すと、

$$(1-C_1) \cdot (1-C_2)$$

となる。同じく、階段室Bについても

$$(1-C_1) \cdot (1-C_3)$$

となる。

両方の階段室が汚染される事象は上記の2つの事象の積事象となるからこれを式で表すと、

$$(1-C_1) \cdot (1-C_2) \cdot (1-C_1) \cdot (1-C_3)$$

となり、これはブール代数の交換法則及び同定法則から

$$= (1-C_1) \cdot (1-C_1) \cdot (1-C_2) \cdot (1-C_3)$$

$$= (1-C_1) \cdot (1-C_2) \cdot (1-C_3)$$

と、簡略化して書ける。

したがってこの場合、両方の階段室が汚染される確率 P_{poll} は次式で表される。

$$P_{poll} = (1-P_1) \times (1-P_2) \times (1-P_3)$$

(注3-4,2) 限界時間

(注3-3,6) で仮定したF.O.時(出火後180秒)に、出火空間から瞬時に煙が拡散するものとした。

(注3-4,3) 避難開始時間

・避難開始時間

熱感知器がある空間 $T_1 = 85 \text{ sec}$
 煙感知器がある空間 $T_1 = 25 \text{ sec}$

さらに
 管理者が2名以上
 かつ非常放送有り $T_1 = T_1 + 130 \text{ sec}$

上記以外 $T_1 = T_1 + 170 \text{ sec}$

(注3-4,4) 避難行動時間

・階滞者在者人数

(文20)の避難計算用人口算定密度を参考にして定める。

例えば、客室・病室 → ベッド数(和室は0.5人/畳)

事務室・受付 → 0.125人/㎡

食堂・喫茶 → 0.5人/㎡

診察・検査室 → 0.2人/㎡

・階段入口の扉の幅の合計

対象階の全ての階段について扉の幅を合計する。扉の無い階段では階段幅を、くぐり戸のある階段ではその幅を階段入口の扉の幅とする。

・避難行動時間

$T_2 = \text{階滞者在者人数} / \text{流動係数} / \text{扉の幅の合計}$

(流動係数は1人/m/secとする)

(注3-4,5) 階段下降時間

・階段下降時間

$T_3 = (\text{対象階数} - \text{出火階数}) / \text{下降速度}$

(1階分下降するのに10秒かかるものとする)

・特別な場合：地下階のある建物について

出火空間が地下の場合、出火空間より下階の滞在者も避難を行う。又、避難完了時間は、危険度評価の対象階の滞在者全員が地上階に達するまでの時間とする。

3-5 危険度算定の具体例

3-5-1 対象建物

建物の条件を表3-4に、平面を図3-3に示した病棟に対して本評価法を適用し危険度を計算する。

表3-4 対象建物の条件

【用途】	病院
【構造】	R C 造
【延床面積】	約3,600㎡
【防火設備】	地上4階建て 病室（熱感知器） 廊下（煙感知器） スプリンクラー設置あり 非常階段（常閉式防火扉） 非常階段（常閉式防火扉） 非常階段（常閉式防火扉）
【管理体制】	1名が火災の確認に来る。 幅1,800mm 幅1,800mm 1名が火災の確認に来る。 幅1,800mm 幅1,800mm

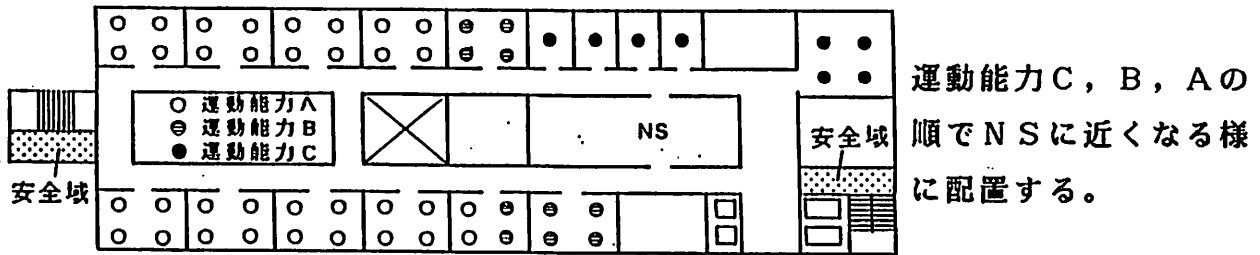


図3-3 対象建物の平面と患者の配置（1階～4階共通）

3-5-2 出火階評価

(i) ある出火による危険度の計算

図3-4のj室で出火したとした場合の危険度を求める。

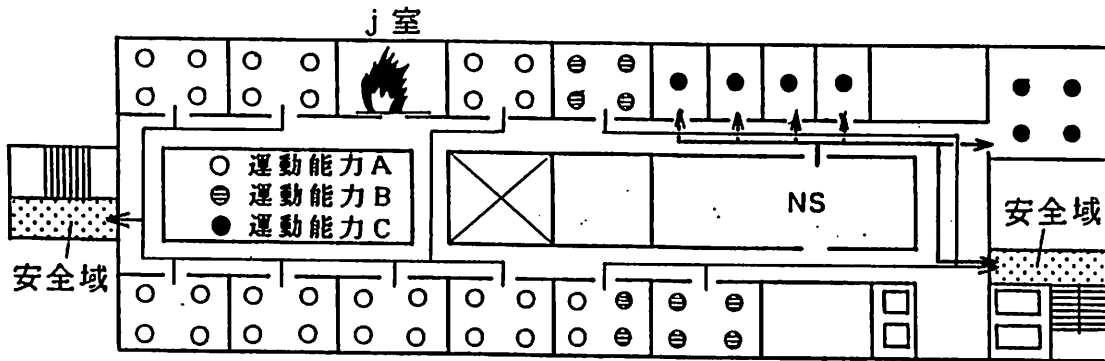


図3-4 出火室と各患者の避難経路

(a) シナリオの作成

表3-1より出火室の扉（閉鎖機構付ドア）の閉鎖確率は0.8である。したがって各シナリオの生起確率は次のようになる

シナリオ① : 0.9	シナリオ④ : 0.002
シナリオ② : 0.039	シナリオ⑤ : 0.04
シナリオ③ : 0.009	シナリオ⑥ : 0.01

(b)条件の設定

・限界時間

図3-3に示した平面で廊下の体積を求める。

廊下幅 (2.4m), 天井高 (2.4m), 総廊下長さ (135.5m) より

廊下部分体積 $V = 2.4 \times 2.4 \times 135.5 = 780\text{m}^3$

付録(1)の式(付-2)より

$$\begin{aligned} t &= 0.288V + 180 \\ &= 0.288 \times 780 + 180 \\ &= 404.8 \end{aligned}$$

以上からCsが0.15/mを越えるのは405秒後となる。

・安全時間

(注3-3,4)及び表3-4から、

避難開始時間 T1

出火～感知	85秒 (熱感知器)
	+
感知～出火室到着	80秒 (防災センターから出火室まで)
	+
到着～避難指示	25秒 (消火活動の後で避難指示: シナリオ③⑤)
	10秒 (消火活動の前に避難指示: シナリオ④⑥)
	+
指示～避難開始	30秒 (運動能力A、運動能力B)
	10秒 (運動能力C: 看護婦の退室に要する時間)

避難行動時間 T2

開始～安全域到着 ?秒 (患者により異なる)

(c)危険度の計算

$a_j = 32\text{m}^2$ よりj室出火の場合の各患者の危険度は下式で表される。

$$E R_{ij} = 32 \cdot f \cdot \left(\sum_{k=1}^6 P_{jk} \cdot \delta_{ijk} \right) \quad (3-8)$$

$$E D_{ij} = \frac{\sum_{k=3}^6 P_{jk} \cdot (S T_{ijk} - C T_{jk})}{\sum_{k=3}^6 P_{jk}} \quad (3-9)$$

そこで、j室出火の場合の危険度を図3-5(指標I)、及び図3-6(指標II)に示す。

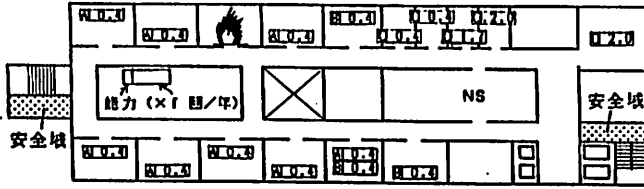


図 3-5 j 室出火の場合の危険度 (ER_{ij})

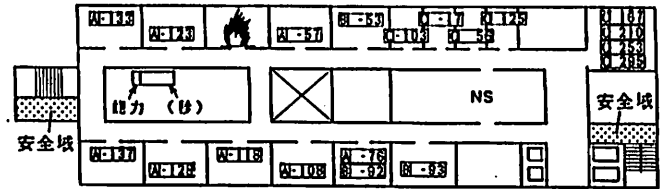


図 3-6 j 室出火の場合の危険度 (ED_{ij})

(ii) 全出火に対する危険度の計算

上記の方法で各室 (j = 1 ~ 16) の出火に対して危険度を求め、下式によって求めるべき危険度を得る。結果を図 3-7、及び図 3-8 の示す。

$$ER_i = \sum_{j=1}^{16} ER_{ij} \quad (3-10)$$

$$ED_i = \frac{\sum_{j=1}^{16} \{a_j \cdot ED_{ij}\}}{\sum_{j=1}^{16} a_j} \quad (3-11)$$

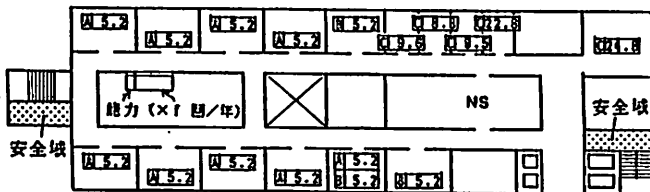


図 3-7 指標 I で表した危険度

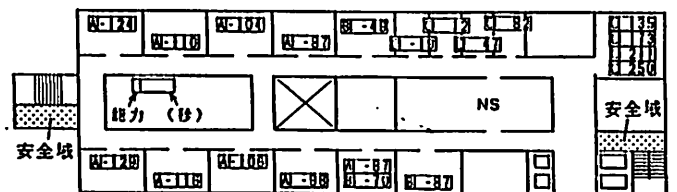


図 3-8 指標 II で表した危険度

3-5-3 非出火階評価

(i) ある出火による危険度の計算

図3-3のj室(1階)での出火が上階に与える危険度を計算する。

(a)シナリオの作成

表3-3から

①の扉が閉まっている確率; 0.8
 ②の扉が閉まっている確率; 0.7
 ③の扉が閉まっている確率; 0.7

(注3-4,1) ※2から 両方の階段室が汚染される確率、すなわち階段室への経路にある扉が全て開いている確率 P_{poll} は

$$P_{poll} = (1 - 0.8) \times (1 - 0.7) \times (1 - 0.7) \\ = 0.018$$

したがって、各シナリオの生起確率は次のようになる。

シナリオ①: $0.9 = 0.9$
 シナリオ②: $0.1 \times 0.972 = 0.0972$
 シナリオ③: $0.1 \times 0.018 = 0.0018$

(b)条件の設定

・限界時間

シナリオ①では消火されるため $CT_{j1} = \infty$ シナリオ②では避難不能にはならないので $CT_{j2} = \infty$ シナリオ③では3-4-1の式(3-4)より $CT_{j3} = 180$ 秒

・安全時間

シナリオ①では、消火時点 ($ST_{rj1} = 145$ 秒)

シナリオ②③では、避難終了までにかかる時間で次のようになる。

避難開始時間 T_1

出火～感知 85秒 (熱感知器)

+
感知～避難開始 130秒 (管理者2名以上 + 非常放送有り)よって、 $T_1 = 85 + 130 = 215$ 秒避難行動時間 T_2

階滞在者人数 : 44人 (運動能力A, Bのベッド数)
 +) 7.5人 ($N \cdot S$ 面積 $\times 0.125$ 人/m² = 60×0.125)
 51.5人

扉部分の流動係数 : 1人/m・秒

階段室の扉の幅の合計: $1.8\text{m} + 1.8\text{m} = 3.6\text{m}$

以上から $T_2 = \frac{51.5}{1 \cdot 3.6} = 14.3$ 秒

階段の下降時間 T_3

1層分10秒だから4階：30秒，3階：20秒，2階：10秒
式(3-5)より、

$$S T_{rj} = T_1 + T_2 + T_3$$

したがってシナリオ②③では、

$$4 \text{ 階の患者の安全時間} : 85 + 130 + 14.3 + 30 = 259.3 \text{ 秒}$$

$$3 \text{ 階の患者の安全時間} : 85 + 130 + 14.3 + 20 = 249.3 \text{ 秒}$$

$$2 \text{ 階の患者の安全時間} : 85 + 130 + 14.3 + 10 = 239.3 \text{ 秒}$$

(c)危険度の計算

$a_j = 32 \text{ m}^2$ より1階j室の出火率 F_j は

$$F_j = 32 \times f \quad (\text{回/年})$$

各シナリオでの限界時間と安全時間の比較から、1階j室出火による各階の危険度は表3-5のように表される。

$$E R_{rj} = 32 \cdot f \left(\sum_{k=1}^3 P_{jk} \cdot \delta_{rjk} \right) \quad (3-12)$$

$$E D_{rj} = S T_{rj3} - C T_{j3} \quad (3-13)$$

表3-5 1階j室出火による各階の危険度は

階		P_j	CT	ST_r	$P_r \cdot \delta_{rj}$	ER_{rj}	ED_{rj}
4	シナリオ①	0.9	∞	145	0	j室出火による危険度 $0.648 \times f$	による 79.3
	②	0.072	∞	259.3	0		
	③	0.018	180	259.3	$0.018 \times f$		
3	シナリオ①	0.9	∞	145	0	$0.648 \times f$	69.3
	②	0.072	∞	249.3	0		
	③	0.018	180	249.3	$0.018 \times f$		
2	シナリオ①	0.9	∞	145	0	$0.648 \times f$	59.3
	②	0.072	∞	239.3	0		
	③	0.018	180	239.3	$0.018 \times f$		

(i) 全出火に対する危険度の計算

上記の方法で、全空間(最上階を除く)からの出火にたいして危険度を求め、下式によって全出火に対する危険度(指標I, II)を得る。結果を図3-9, 10に示す。

$$E R_f = \sum_j E R_{fj} \quad (3-9)$$

$$E D_f = \frac{\sum_j \{F_j \cdot E D_{fj}\}}{\sum_j \{F_j\}} \quad (3-10)$$

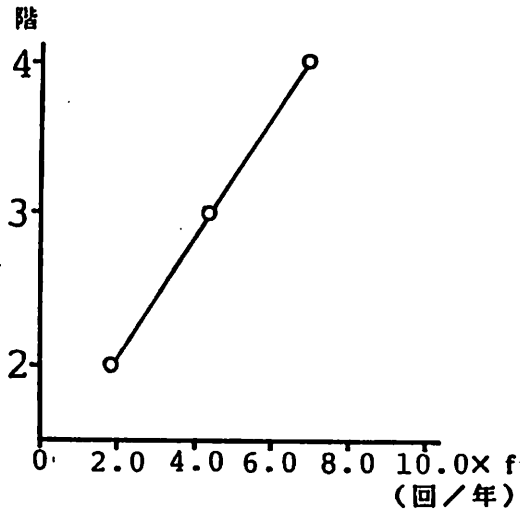


図3-9 指標Ⅰで表した危険度

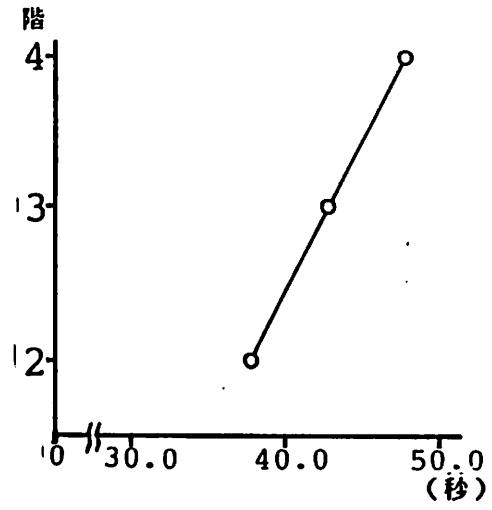


図3-10 指標Ⅱで表した危険度

第4章

評価法の性質の分析

4-1 出火階評価

4-1-1 建物の条件と危険度

4-1-2 成否確率と危険度

4-1-3 時間のパラメータと危険度

4-1-4 まとめ

4-2 非出火階評価

4-2-1 建物の条件と危険度

4-2-2 成否確率と危険度

4-2-3 時間のパラメータと危険度

4-2-4 まとめ

第4章 評価法の性質の分析

本評価法は、火災という複雑な事象を部分に分解し、様々な仮定や設定条件を設け、それぞれに成否確率や必要時間を与えることで、危険度を算定している。

これらのパラメータは、火災統計など現在得られている知見をもとに設定したものであるが、現段階では十分に客観性のあるものとはいえない。そこで、本評価法の算定結果が「常識に矛盾していないか」などその性質を把握する意味で、個々の条件やパラメータが算定結果としての危険度にどう影響を及ぼしているかを認識しておく必要がある。本章では、出火階評価と非出火階評価に分けて、各々に対し①建物の条件②イベントツリーの成否確率③時間のパラメータの3つが危険度に及ぼす影響を探る。

4-1 出火階評価

4-1-1 建物の条件と危険度

建物の特徴を最も良く表すものに平面構成（空間のつながり方・幾何学的配置）が挙げられる。ここでは、様々な平面構成を持つ建物に評価法を適用し、危険度どのような違いが出るかを見る。

1) 統一する条件

図4-1(a)～(h)に示す8つの既存の病棟平面を対象として危険度を算定する。この時、管理者の待機位置（防災センターの位置）により、管理者の到着時間などは、各病院それぞれ異なる。しかし、これらをそのまま設定値として入力すると、危険度への影響が大きいため、病棟の平面構成の違いによる危険度の比較が明確にできない。そこで表4-1に挙げる値・条件については、全病棟で統一して計算した。

表4-1 全病棟で統一した値・条件

項目	統一した値・条件
①管理者の到着時間 ②運動能力 A,B,C患者の構成比率と分布 ③安全域の最少数と位置	165秒 A : B : C = 65% : 20% : 15% 防火区画は1つのナースステーションで受け持つ病室の範囲と一致し、ここには2ヶ所以上の安全域が接する
④廊下の幅・天井高	2.4m × 2.4m

2) 結果と考察

算定された指標Ⅰを図4-2に、指標Ⅱを図4-3に示した。同じ室で同じ値・

能力のものはまとめて示している。又図4-4は、病棟ごとの患者の能力別危険度の累積相対度数分布である。さらに図4-5に全体の患者の能力別危険度の累積相対度数分布を示した。

指標Ⅰ（図4-2）

平面（b）、（f）を除いて、運動能力Aの患者の危険度はほとんどが $3f \sim 5f$ の値で、病室位置による差はない。平面（b）では床面積が他の平面より大きいため出火件数が増える結果となり、危険度が全体に高い。さらに、安全域からの距離が増加するにつれて危険度が高くなる。平面（f）では、避難シミュレーションの条件で出火室の前は通れないとしていることから、袋小路（行き止まり）となっている廊下に面する病室で危険度が高くなっている。

運動能力Bの患者の場合、平面（a）、（b）以外は運動能力Aと同程度に低い分布である。平面（a）では、避難距離の長い病棟中央付近に滞在するB患者が高い危険度となっている。

運動能力Cの患者の場合、危険度の最大値は平面（b）で $32f \sim 33f$ であるのを除いて $20f$ 前後である。病室ごとに差があるのは、看護婦が介助にくる順番（注3-3,5）によって安全域到着の時間が大きく異なるためである。平面（e）では、ナースステーションに近くかつ安全域に近い病室で、看護婦による往復がスムーズなため危険度がひじょうに低く、他の平面ではみられない特徴である。

指標Ⅱ（図4-3）

運動能力Aは全体として-100秒から0秒までの間で、期待値としては火災時に避難が間に合うと見てよい。傾向としては、安全域に近い病室ほど明らかに値が小さくなっている。平面（f）では、指標Ⅰで説明したように袋小路があり、この部分に面する病室の患者は、出火場所によっては避難活動が行えず、安全時間が無限大になる。この場合、式（3-3）から指標Ⅱの値も無限大となるので運動能力Aの累積相対度数は100%に達していない。

運動能力Bもまた、ほとんどが-100秒から0秒までであるが、図4-4でみるとどの平面でもAより値が大きくなっている。この原因は、能力の違いによるものに加えて、配置の原則としてBはNSの近くに置かれるために、結果として安全域からは遠くなるケースが多くなってしまふからだと考えられる。

運動能力Cは、（e）の一人を除いて値は正になっている。図4-4の度数分布は階段状になっているが、これが一人ずつ救助されていく様子を表している。平面（a）、（b）、（e）、（g）において累積相対度数が100%に達していないのは、これらの平面では出火室の位置によっては担当看護婦が介助に向かえない場合が生

じるためである。つまり、「出火室の前は通ることができない」、「担当看護婦以外による介助は考えない」ことを前提にすると、2方向避難が確保されている廊下でも、袋小路と同じことになってしまうことがある。

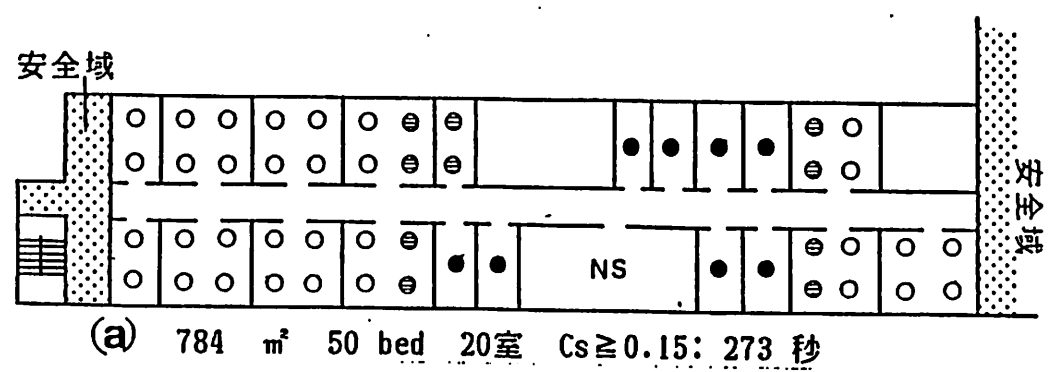


図4-1 (a) 建物平面と患者の配置

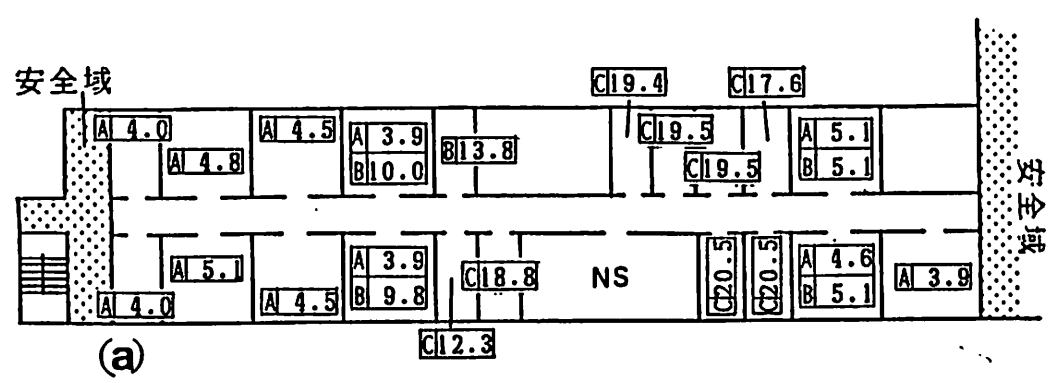


図4-2 (a) 指標Iで表した危険度

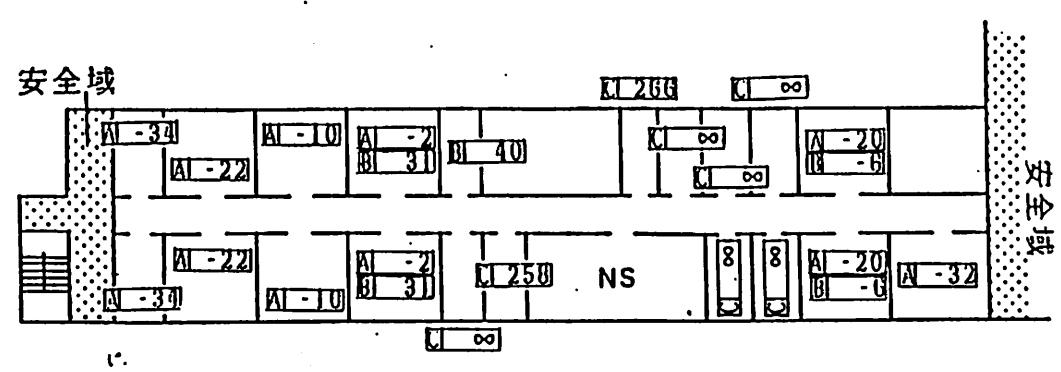


図4-3 (a) 指標IIで表した危険度

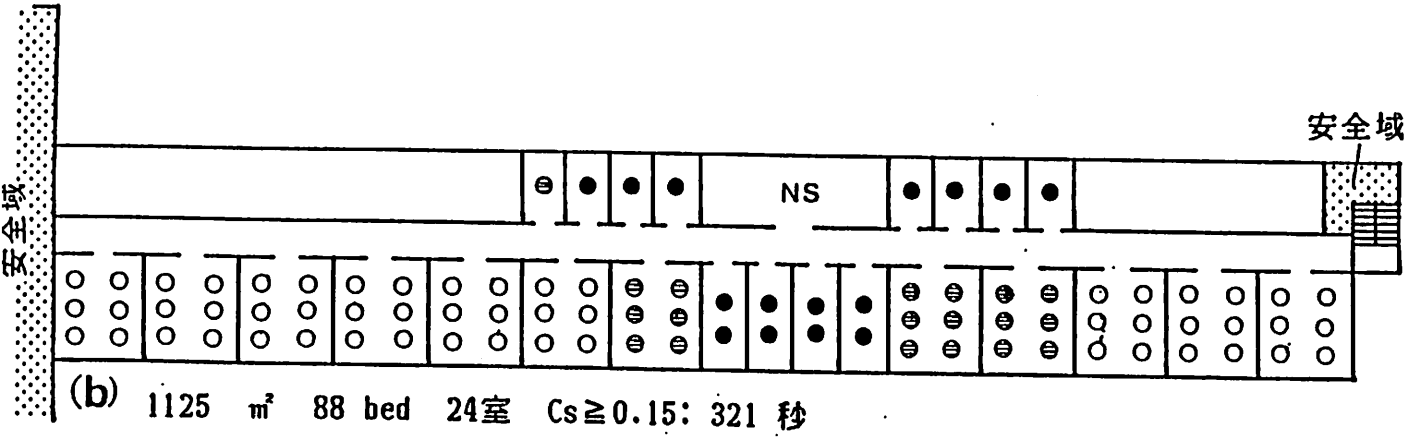


図4-1 (b) 建物平面と患者の配置

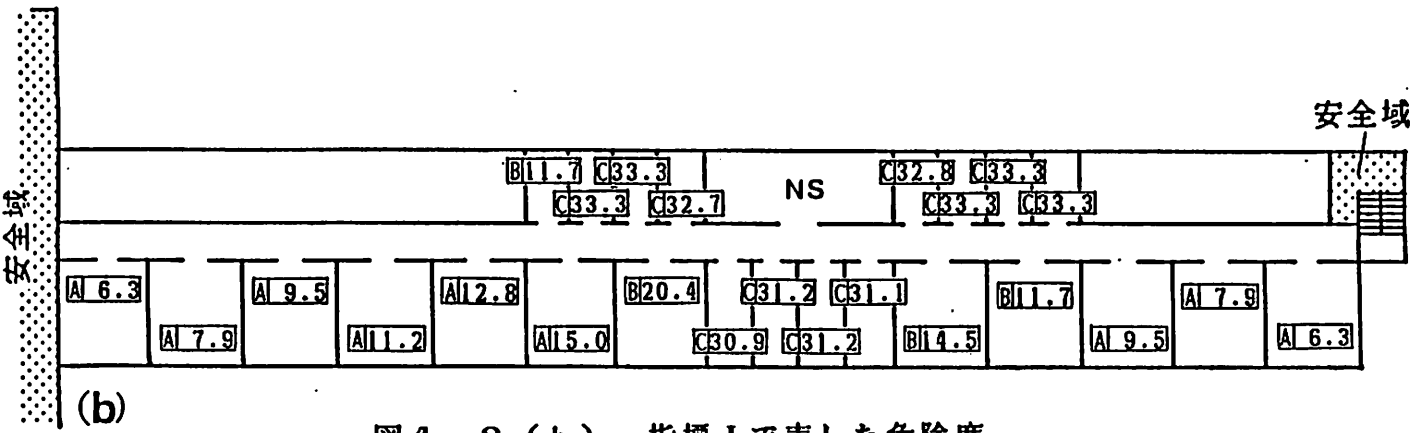


図4-2 (b) 指標 I で表した危険度

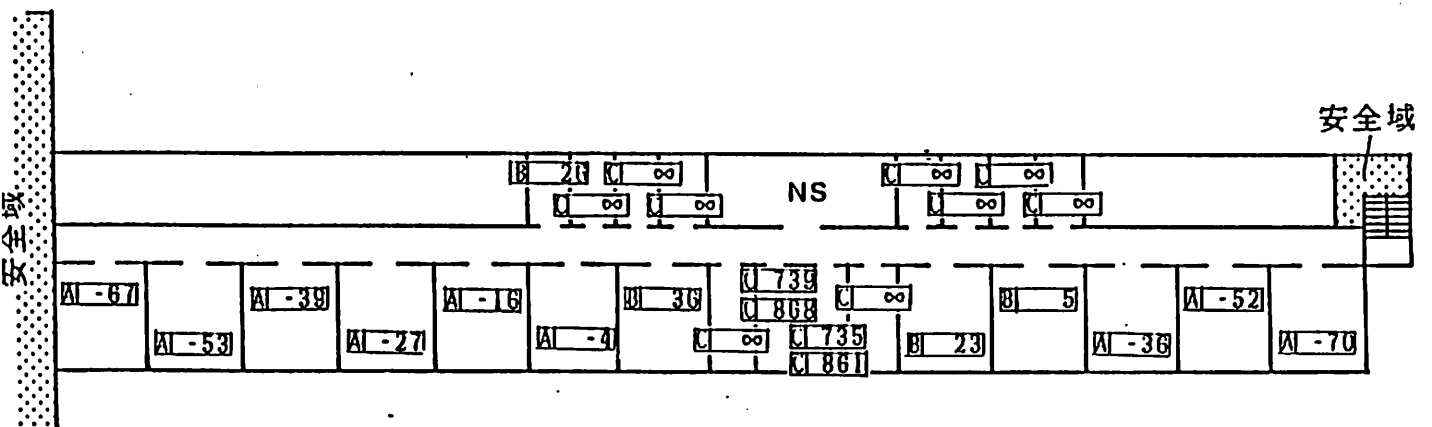


図4-3 (b) 指標 II で表した危険度

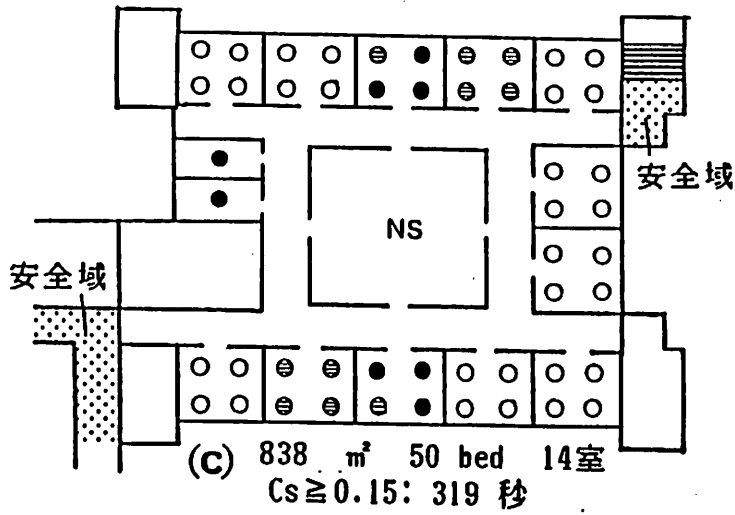


図 4 - 1 (c) 建物平面と患者の配置

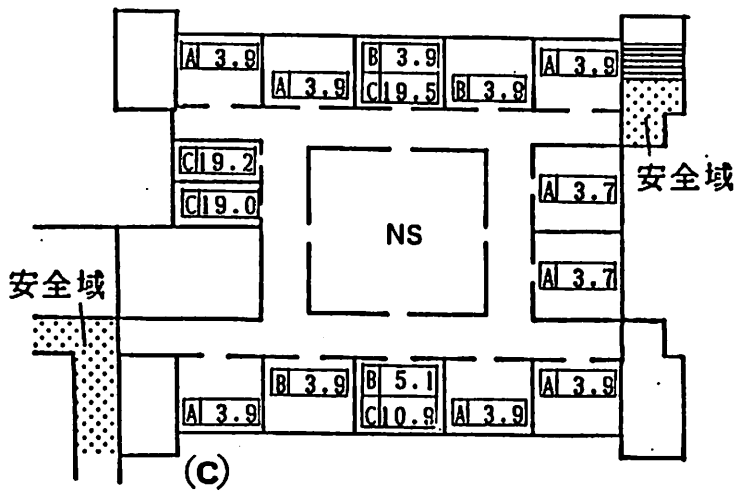


図 4 - 2 (c) 指標 I で表した危険度

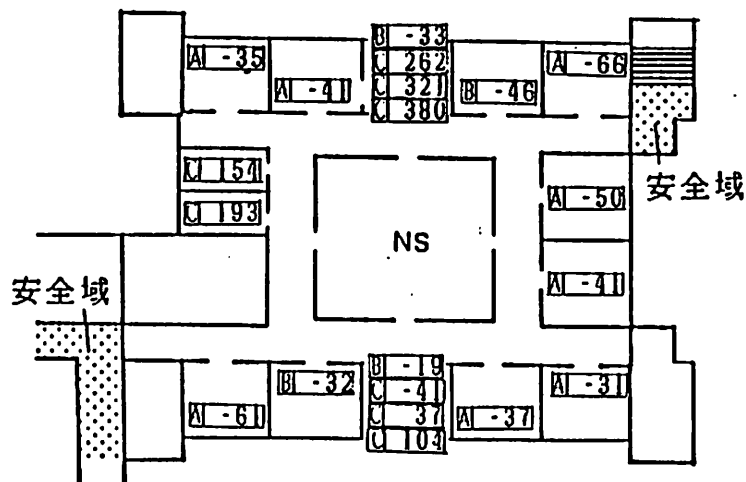
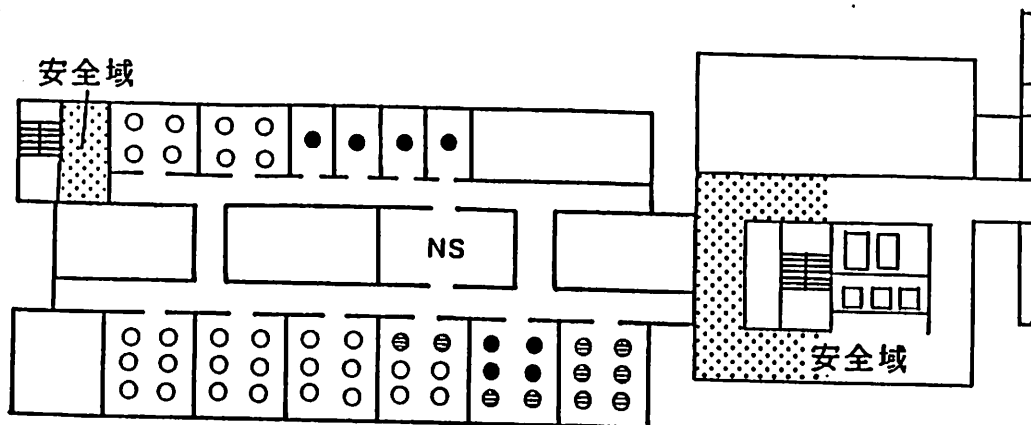
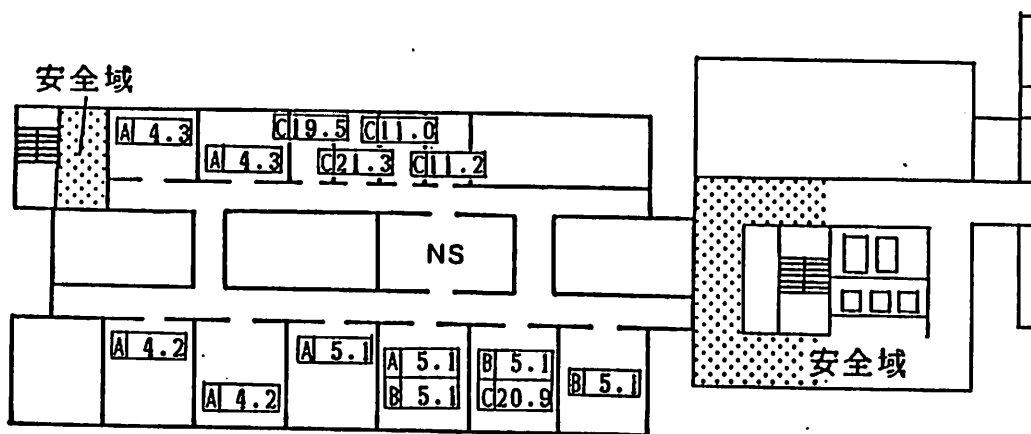


図 4 - 3 (c) 指標 II で表した危険度



(d) 841 m² 48 bed 12室 Cs \geq 0.15: 329 秒

図4-1 (d) 建物平面と患者の配置



(d)

図4-2 (d) 指標 I で表した危険度

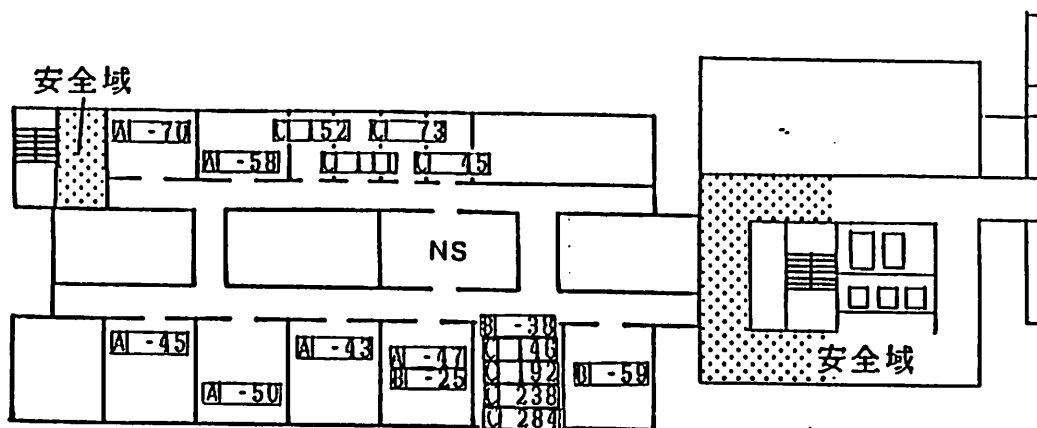
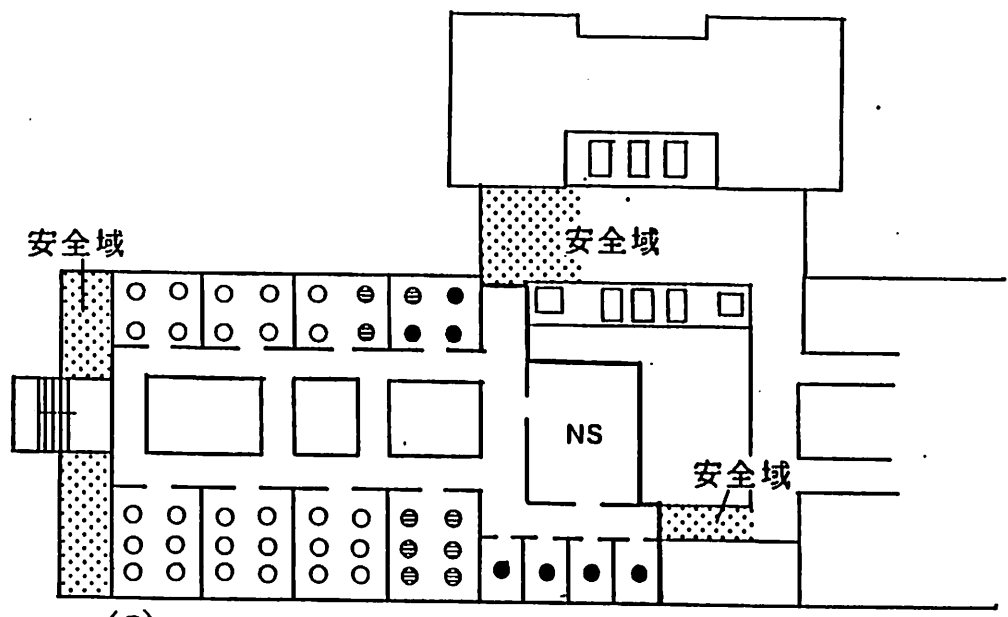
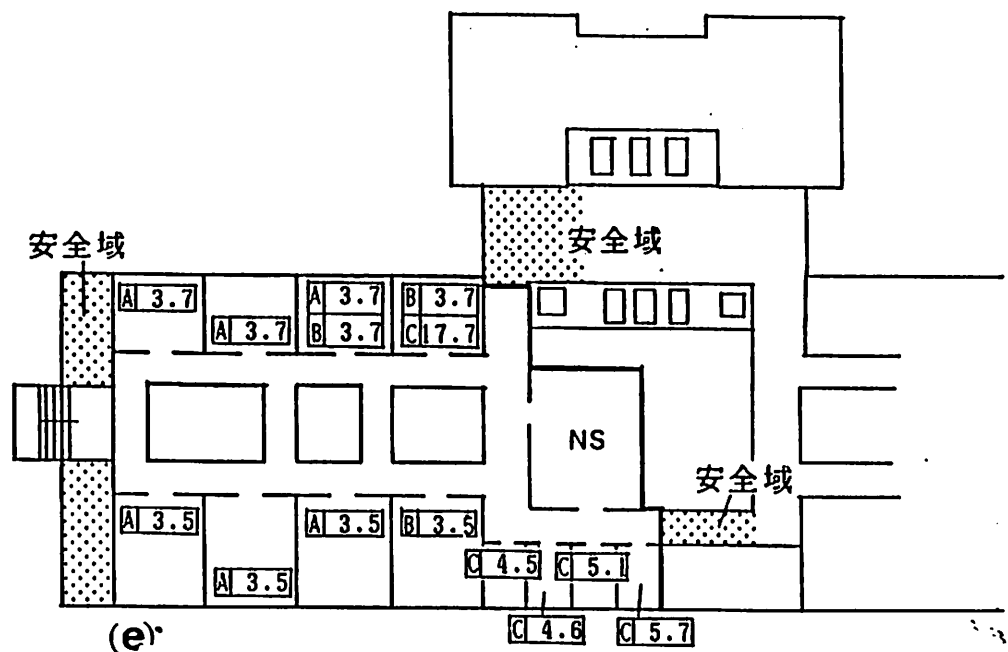


図4-3 (d) 指標 II で表した危険度



(e) 694 m² 44 bed 12室 Cs \geq 0.15: 330 秒
 図4-1 (e) 建物平面と患者の配置



(e) 図4-2 (e) 指標 I で表した危険度

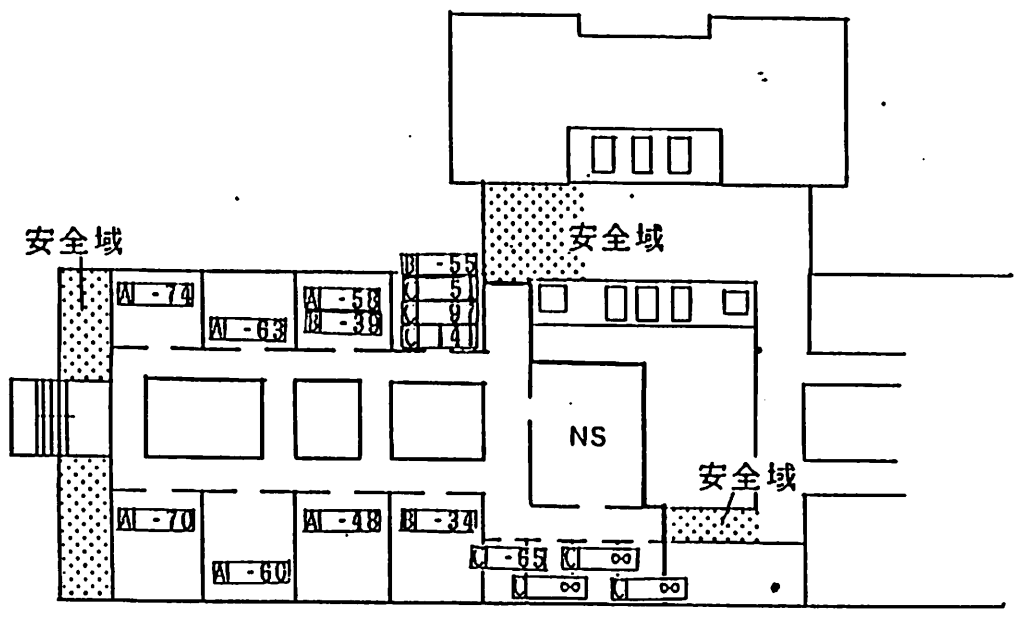


図4-3 (e) 指標 II で表した危険度

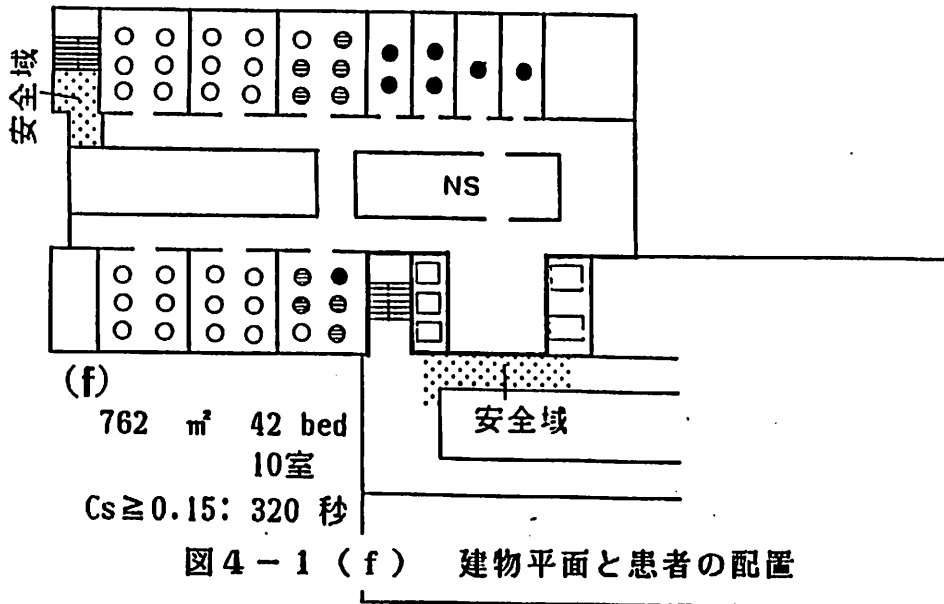


図 4 - 1 (f) 建物平面と患者の配置

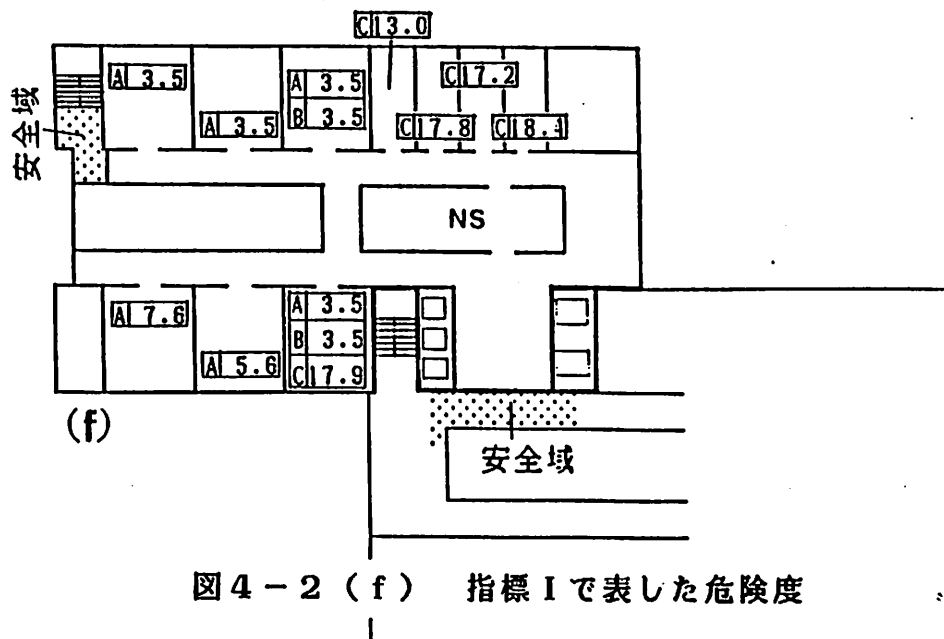


図 4 - 2 (f) 指標 I で表した危険度

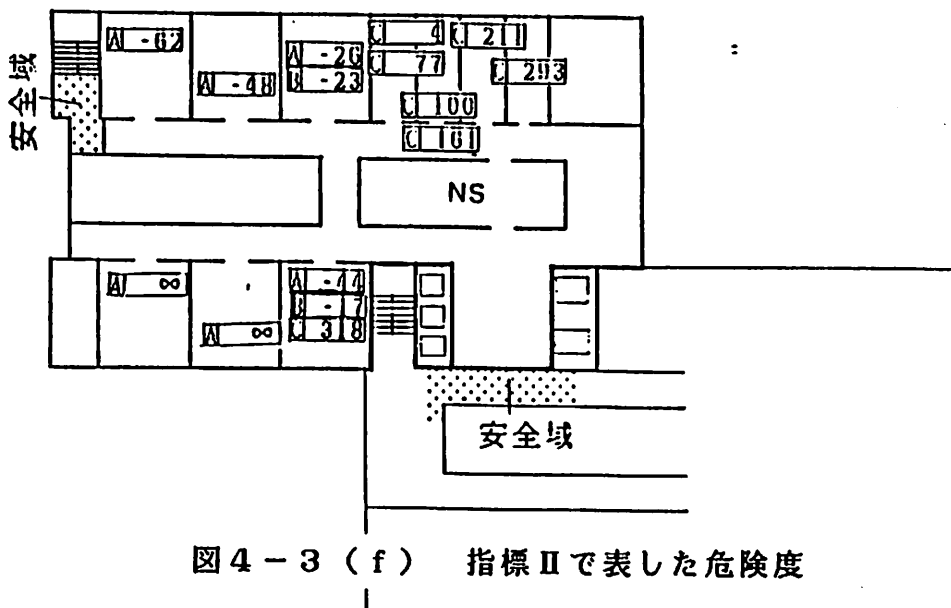
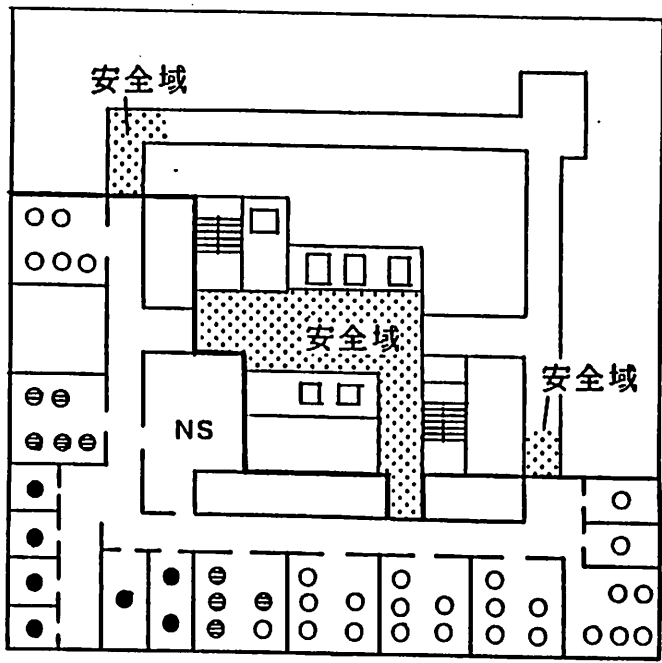
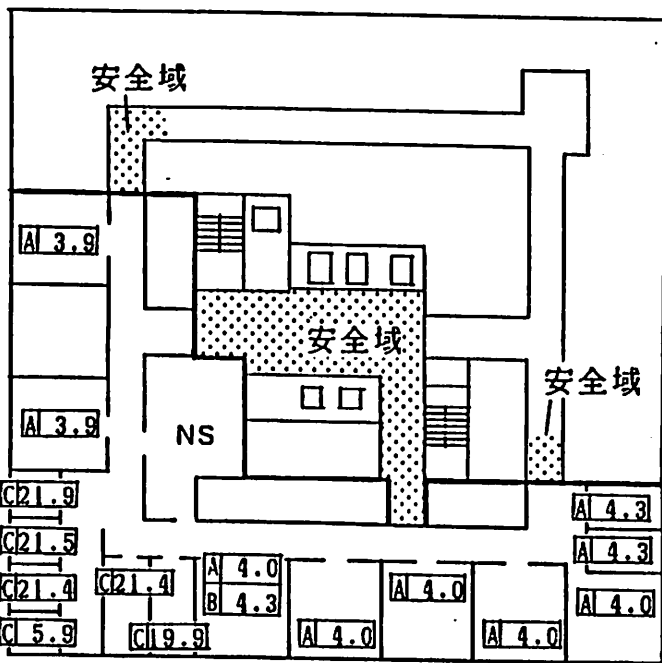


図 4 - 3 (f) 指標 II で表した危険度



(g) 748 m² 44 bed 15室 図4-1 (g) 建物平面と患者の配置
Cs ≥ 0.15: 295 秒



(g) 図4-2 (g) 指標 I で表した危険度

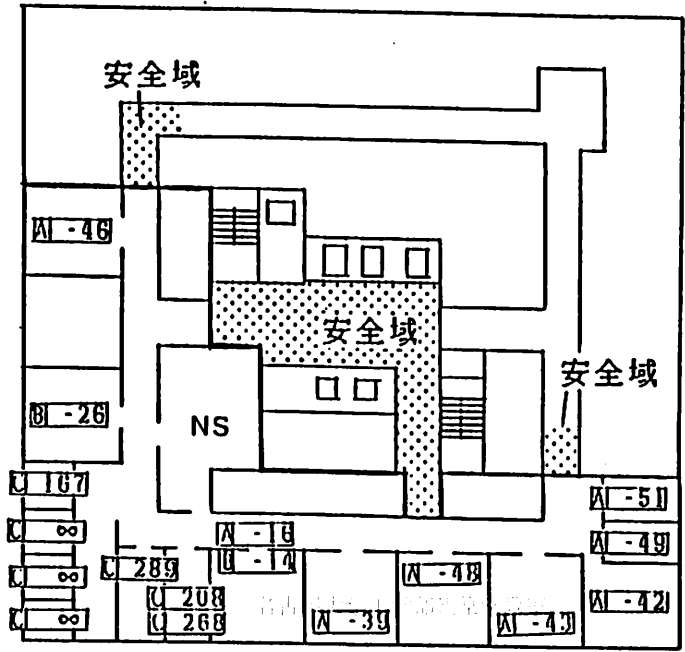
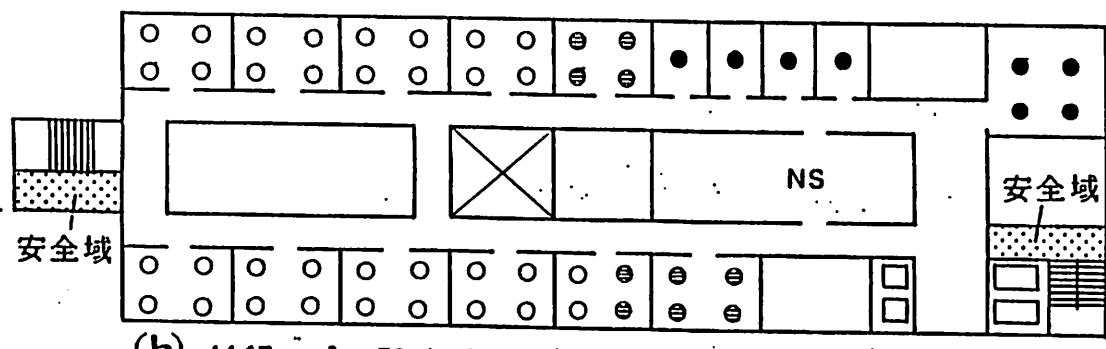
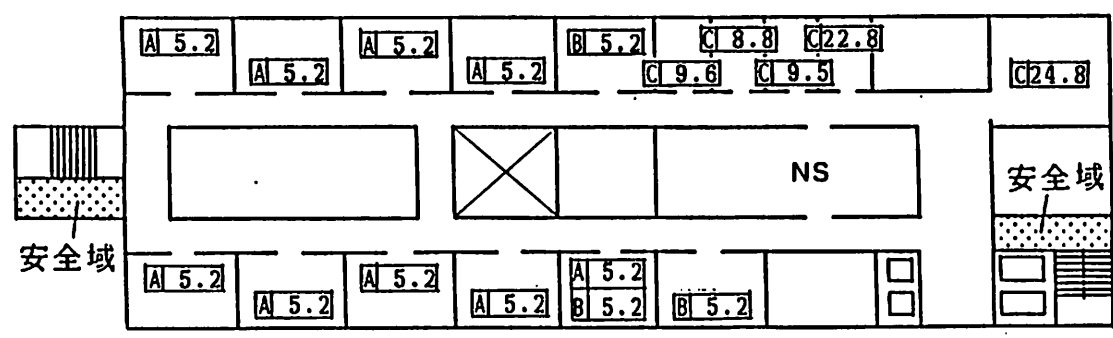


図4-3 (g) 指標 II で表した危険度



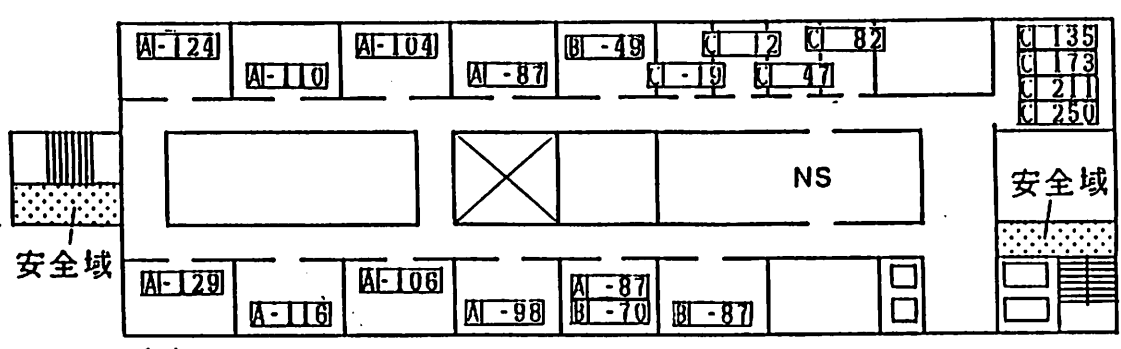
(h) 1147 m², 52 bed 16室 Cs \geq 0.15: 405 秒

図4-1 (h) 建物平面と患者の配置



(h)

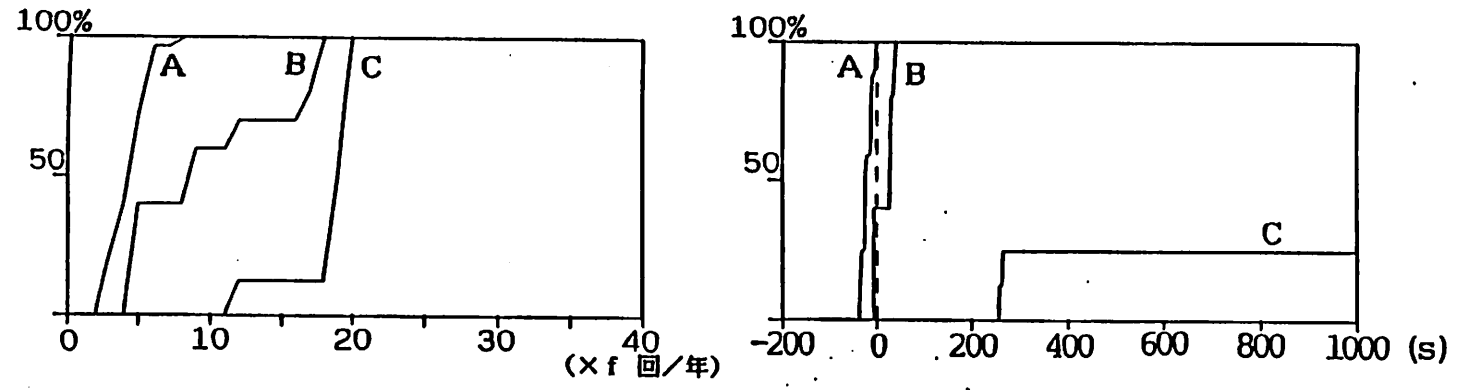
図4-2 (h) 指標Iで表した危険度



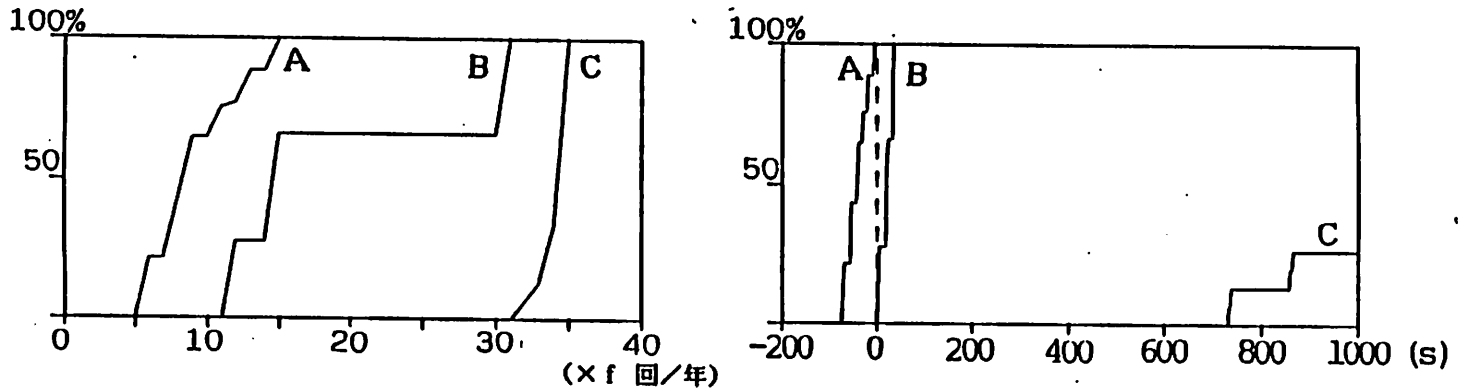
(h)

図4-3 (h) 指標IIで表した危険度

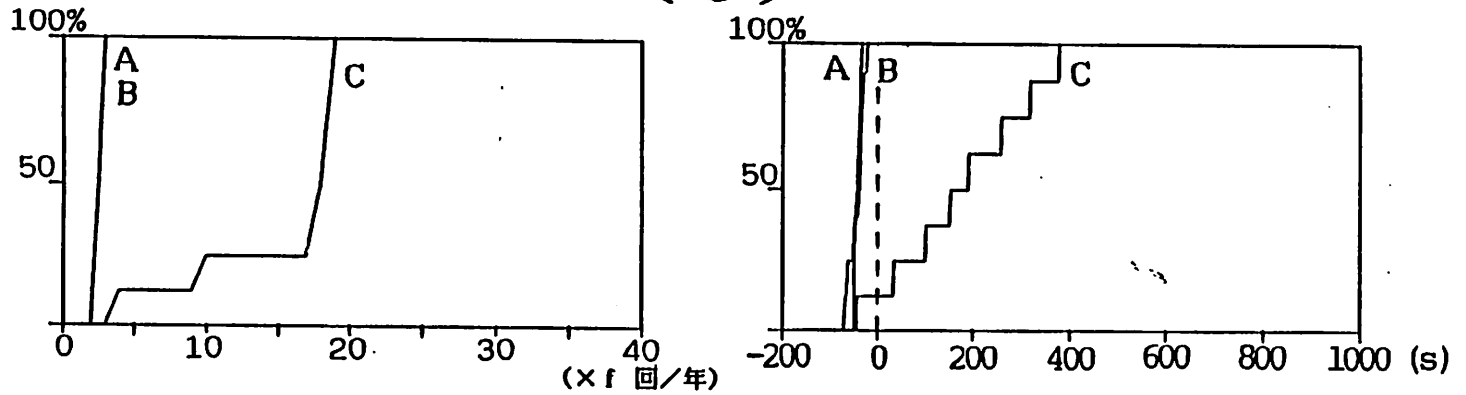
(a)



(b)



(c)



(d)

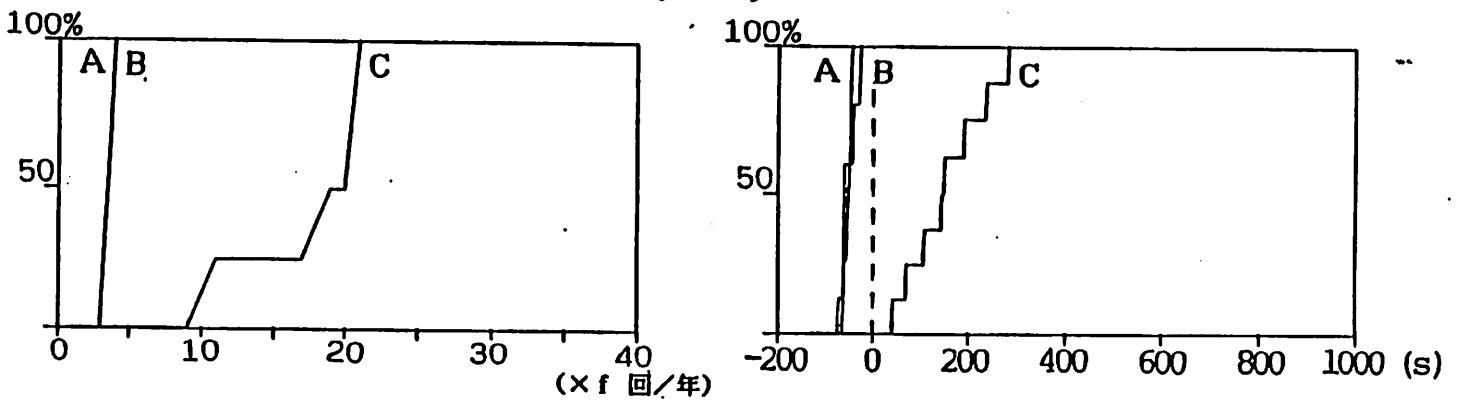
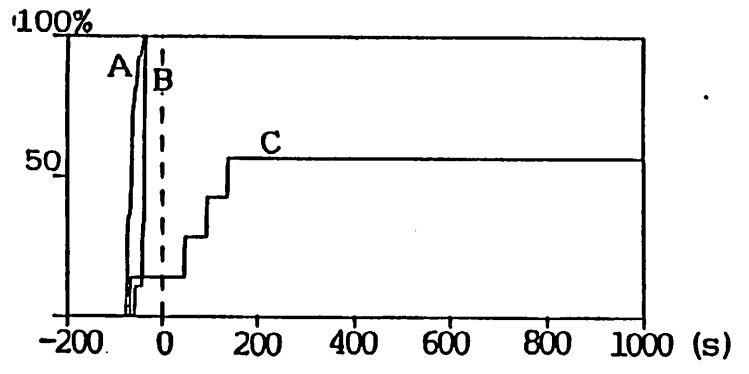
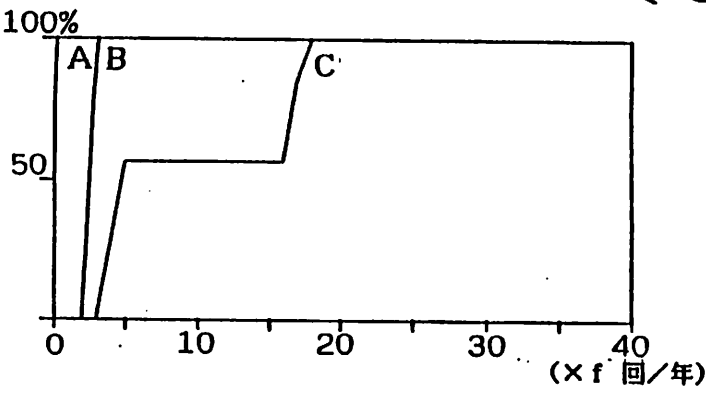
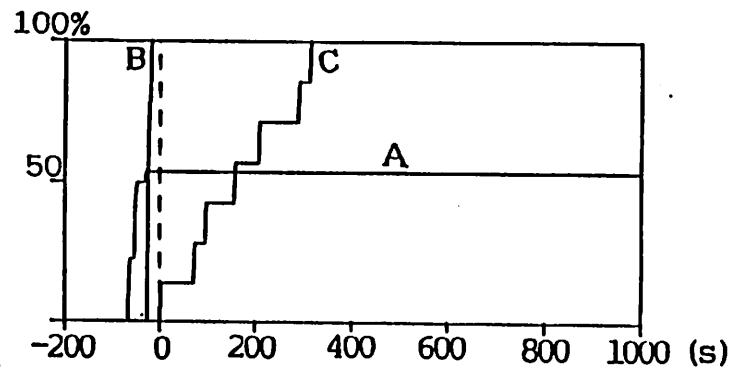
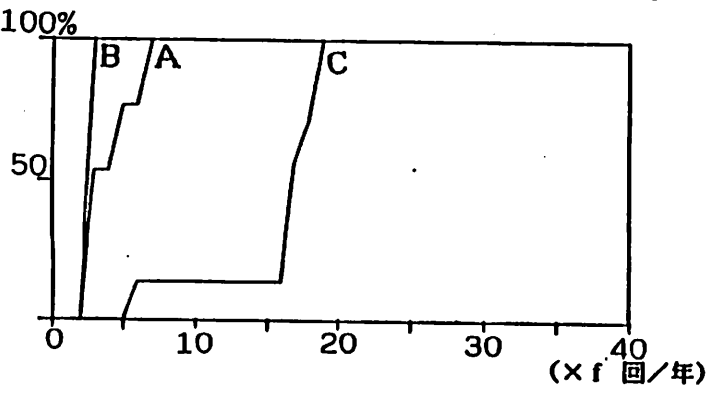


図4-4 危険度の能力別累積相対度数分布 (a) ~ (d)

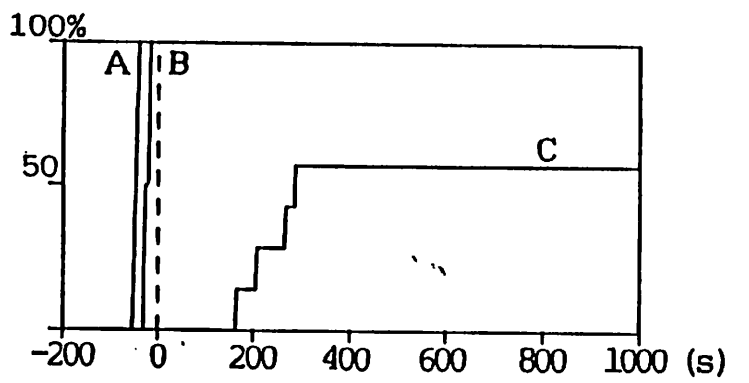
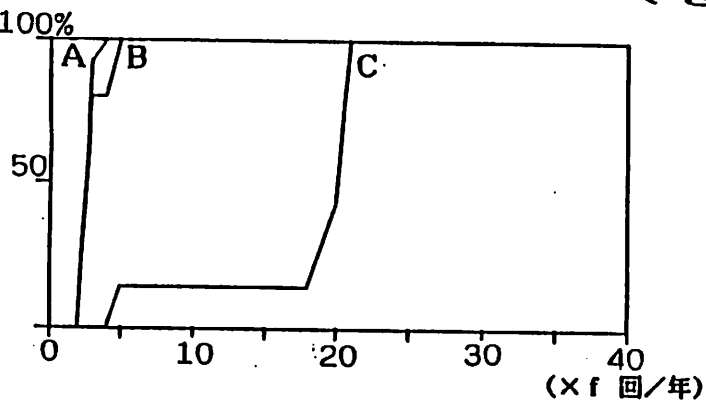
(e)



(f)



(g)



(h)

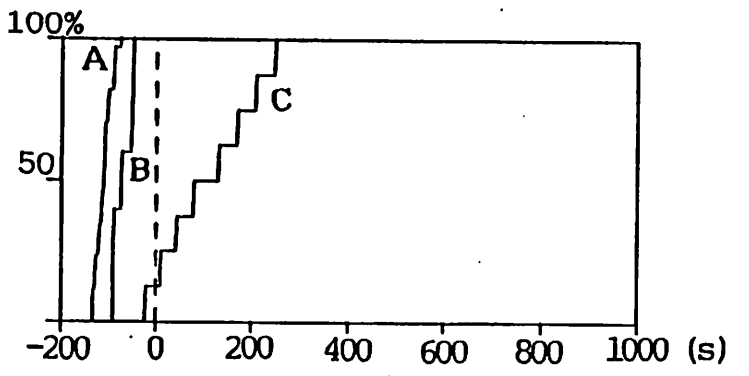
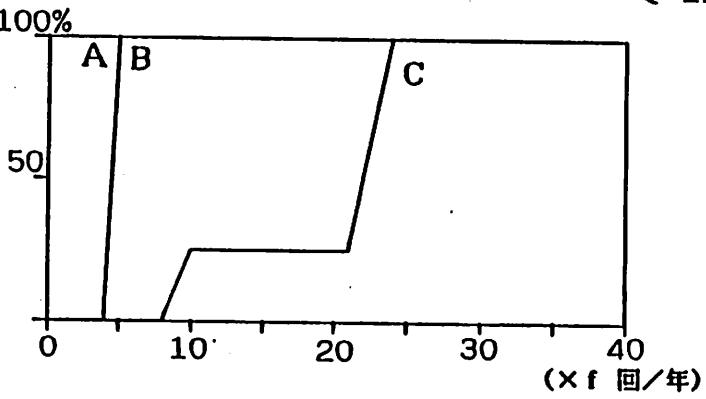


図4-4 危険度の能力別累積相対度数分布 (e) ~ (h)

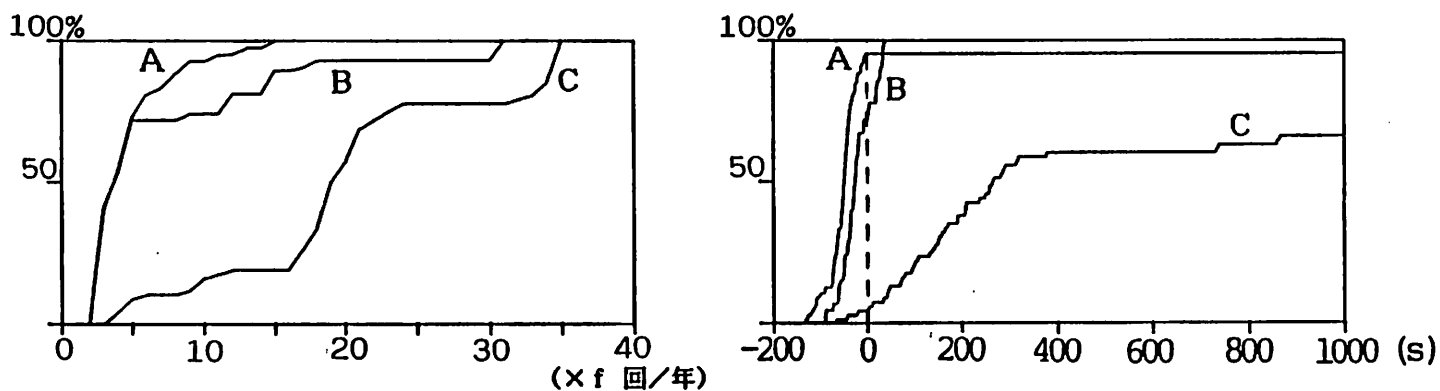


図4-5 危険度の能力別累積相対度数分布(全体)

4-1-2成否確率と危険度

ここではツリーの各要素の成否確率を変更し、各滞在者の危険度(指標I)にどのような影響が出るかを計算・考察する。

3-3で用いたイベントツリーを図4-6に改めて示す。

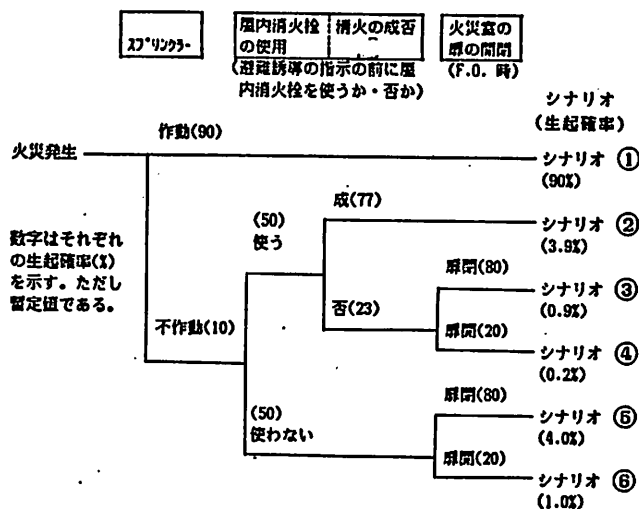


図4-6 出火階評価のイベントツリー

そこで、
 スプリンクラー作動の確率 : E1
 屋内消火栓使用の確率 : E2
 消火栓による消火成功の確率 : E3
 出火室の扉が閉じられている確率 : E4

とすると

シナリオkの生起確率P_kは

$$\begin{aligned}
 \text{シナリオ①} & P_{.1} = E_1 \\
 \text{シナリオ②} & P_{.2} = (1 - E_1) \times E_2 \times E_3 \\
 \text{シナリオ③} & P_{.3} = (1 - E_1) \times E_2 \times (1 - E_3) \times E_4 \\
 \text{シナリオ④} & P_{.4} = (1 - E_1) \times E_2 \times (1 - E_3) \times (1 - E_4) \\
 \text{シナリオ⑤} & P_{.5} = (1 - E_1) \times (1 - E_2) \times E_4 \\
 \text{シナリオ⑥} & P_{.6} = (1 - E_1) \times (1 - E_2) \times (1 - E_4)
 \end{aligned} \tag{4-1}$$

で与えられる。

一方、指標 I で表した各空間の危険度は次式で与えられる。

$$E R_i = \sum_j \{ F_j \cdot (\sum_{k=1}^m P_{jk} \cdot \delta_{ijk}) \} \quad (4-2)$$

- $E R_i$: 滞在者 i の期待危険回数 (回/年)
- F_j : 出火空間 j の出火率 (回/年)
- P_{jk} : 出火空間 j でのシナリオ k の生起確率
- δ_{ijk} : $= 1$ ($C T_{jk} < S T_{ijk}$) [死亡する]
 $= 0$ ($C T_{jk} \geq S T_{ijk}$) [死亡しない]

そこで、式 (4-1) において、 E_1, E_2, E_3, E_4 を一定の幅でそれぞれ別々に変更すると、式 (4-2) の各シナリオの生起確率 P_{jk} が変化するため、 $E R_i$ で与えられる各患者の危険度の値がある幅で変動することになる。この危険度の変動の幅が、変更した要素の結果への影響力を表わしていると考えられる。

結果と考察

上記の方法を用いて、3-5で危険度計算の具体例としてあげた図3-3の平面 (図4-1の (h)) を対象として考察する。その結果を図4-7にまとめた。図は $E_1 \sim E_4$ を 0.0~ 1.0まで変更し、その他は設定条件の値にした時の危険度の変動の様子を示している。グラフ中では、患者の危険度への影響が、一人の患者について一本の直線で表わされている。(但し、同じ危険度の変動を示す患者は同一の直線で表わされている)

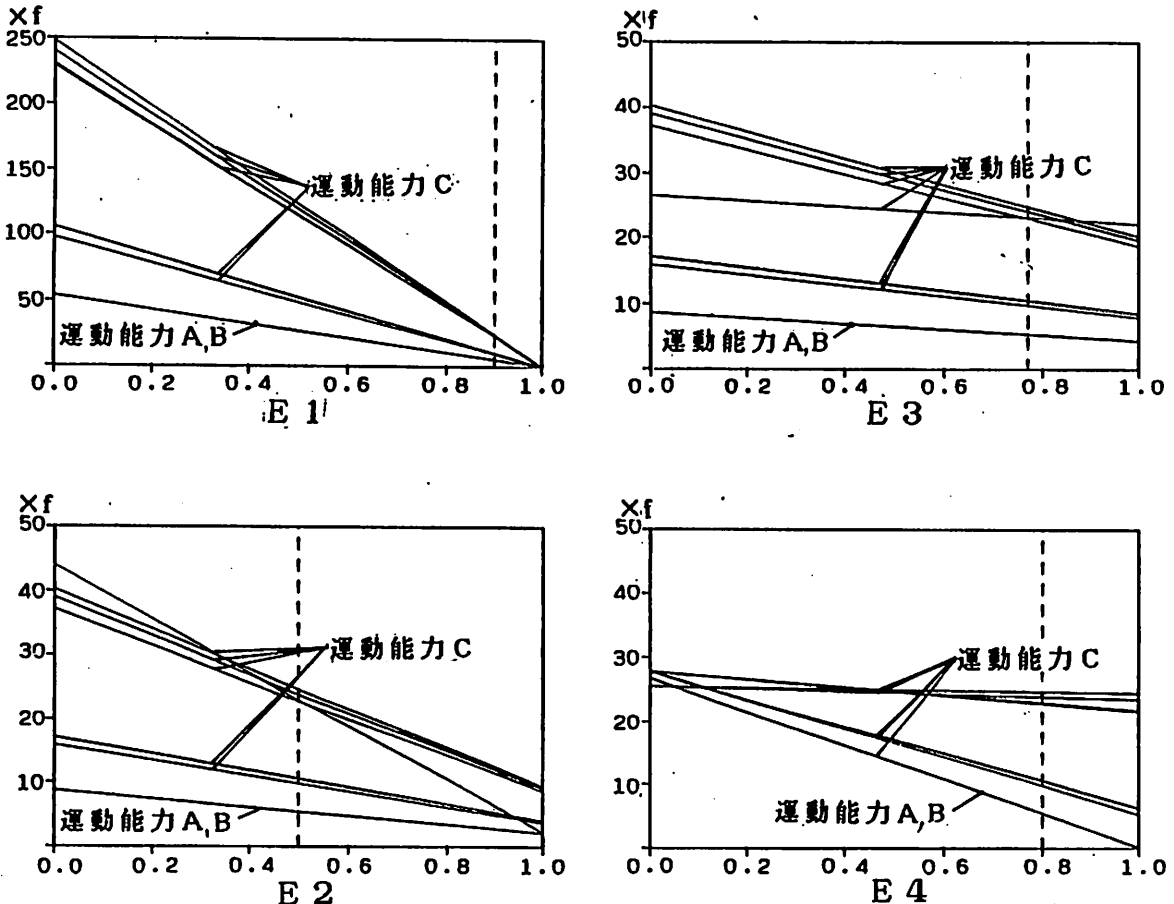


図4-7 分岐の成否確率の変更と危険度

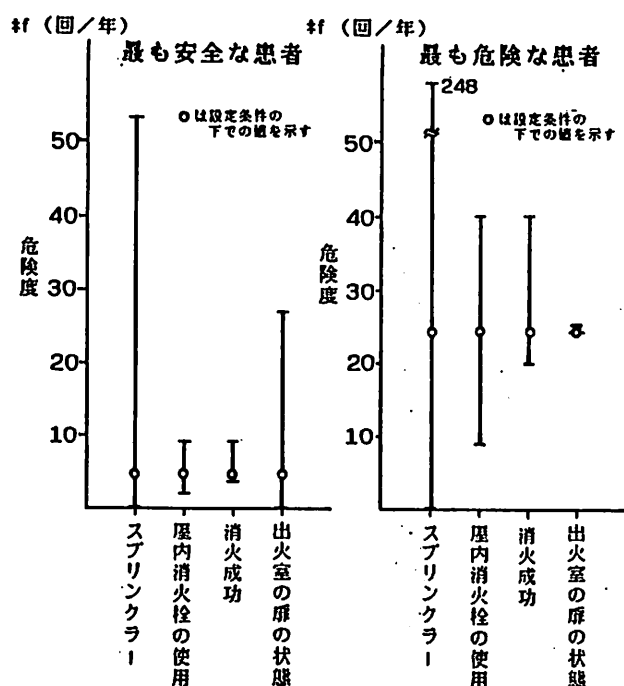
図4-7から読み取れる特徴として、次の3点が挙げられる。

- 1) スプリンクラー作動の確率の変更による危険度の変動は、他の3つの変更に比べ非常に大きいものになっている。
- 2) 全ての直線は、右下がりになっている。これは、各要素の成功確率が大きくなれば、患者の危険度は小さくなる、つまりより安全になることを表わしている。
- 3) E1, E2, E3においては、より危険な患者を表わす直線（グラフの上部にある直線）の傾きの方が、より安全な患者を表わす直線（グラフの下部にある直線）の傾きより大きくなっているが、E4では、その逆になっており、又より危険な患者を表わす直線は、水平あるいはそれに近いものになっている。（傾きの大きい直線で表わされる患者ほど要素の確率の変更の影響を受けやすいと言える）

以上の点より、火災時において、次のことが言える。

- ・スプリンクラーが作動する確率、屋内消火栓を使用する確率、消火活動が成功する確率は、より危険な患者の危険度に大きな影響を与える。
- ・出火室の扉が閉じている確率（出火室の扉の状態）は、むしろより安全とされる患者の危険度に影響を与え、より危険な患者の危険度にはさほど影響しない。

これは言い換えれば、同じ患者でも、要素によってその確率の変更の影響の受けやすさが違っていることになる。そこで、設定値において最も安全な患者（グラフの最上部の直線で表わされている）と最も危険な患者（グラフの最下部の直線で表わされている）について、各要素の確率の変更の影響の大きさを、図4-8に示した。これより、



・最も安全な患者は、1.スプリンクラー作動の確率、2.出火室の扉が閉じている確率、3.屋内消火栓を使用する確率、4.消火活動が成功する確率の順に要素の確率の変更の影響を受けやすい。

・最も危険な患者は、1.スプリンクラー作動の確率、2.屋内消火栓を使用する確率、3.消火活動が成功する確率、4.出火室の扉が閉じている確率の順に要素の確率の変更の影響を受けやすい。

とすることがわかる。両者の中間の状態にある患者は、より安全であるほど前者の、より危険であるほど後者の傾向が強いと言えよう。

図4-8 要素の確率の変更の影響

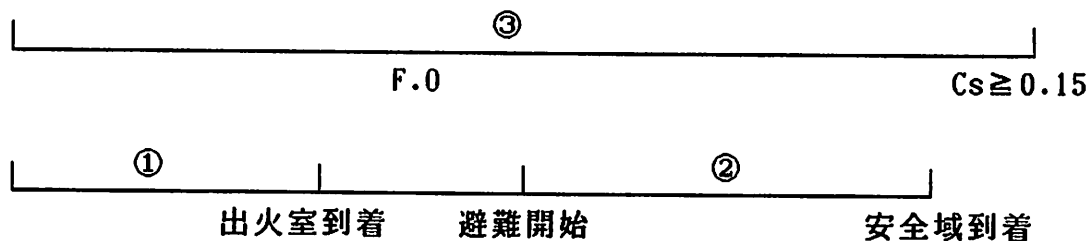
4-1-3時間のパラメータと危険度

本評価法では安全時間と限界時間の比較から危険・安全を判断している。そのため、時間のパラメータは危険度に大きく影響することが考えられる。そこで、成否確率と同じく図3-3の平面について①管理者の出火室到着時間②避難行動時間③煙濃度が許容値を越えるまでの時間の3つを表4-1のように変動させた場合、危険度（指標I）にどのような影響が出るかを見る。

表4-1 3つの要素の変動のさせ方

	設定値・設定条件	変動幅
①（到着時間）	165秒	165秒～185秒
②（移動速度）	運動能力A : 0.8m/s B : 0.4m/s C : 0.8m/s	0.1m/s～1.6m/s 0.05m/s～0.8m/s 0.1m/s～0.8m/s
③（許容濃度）	$C_s \geq 0.15/m$ で避難不能	0.02/m～0.18/m

②については各患者の移動速度を、③については許容濃度を変動させる



①到着時間

結果を図4-9に示した。170秒にしたとき、運動能力Cの患者の危険度が2人ほど上がっている。その他はF.0.まで変化は無い。到着時間が180秒を越えると、消火作業が不可能になり消火成功による軽減分が無くなるため、危険度は大幅に増加する。この際、イベントツリーは図4-10のように変化している。

②移動速度（避難行動時間）

結果を図4-11に示した。運動能力別に見ると、運動能力Aは0.1m/sだとほとんど全員がおよそ26fになっており、そこから0.5m/sまでの間は患者によるばらつきが見られる。0.5m/sより速いと、危険度は一定値になる。

運動能力Bは0.05～0.1m/sだとほとんど全員がおよそ26fになっており、そこから0.25m/sまでの間は患者によるばらつきが見られる。0.25m/sを越えると、一定値になる。

運動能力Cは0.1m/sではほとんど全員が26f前後になっている。運動能力Cは運動能力ABに比べて危険度に敏感で、速度を設定値の前後に0.1m/sずつ動かした

けでも、2人の危険度が大きく変わってしまう。

③許容濃度（煙濃度が許容値を越えるまでの時間）

結果を図4-12に示した。運動能力別に見ると、運動能力Aは、0.02/m(205秒)では全員が26f前後の値を示し、そこから0.08/m(315秒)の間では、患者によって危険度のばらつきが見られる。0.08/m(315秒)を越えると、危険度は一定値になる。

運動能力Bは、0.02~0.04/m(205~255秒)では全員が最高値を示し、そこから0.10(315秒)までの間では、患者によって危険度のばらつきが見られる。0.10を越えると、一定値になる。

運動能力Cは運動能力ABに比べて危険度に敏感で、設定条件の許容濃度を前後に0.05/mずつ動かしただけでも、2人の危険度が大きく変わってしまう。

4-1-4まとめ

建物の条件、成否確率、時間のパラメータの3つの要素の変更により、出火階評価の性質として次のようなことが分かった。

(1) 建物の条件の変更により、

- ・防火（防煙）区画が大きくなると危険度が高くなる。
- ・安全域までの避難距離が長くなる空間ほど危険度が高くなる。特に、安全域が長大な中廊下の両端にとられる場合には顕著である。
- ・袋小路の廊下に面する空間は危険度が高くなる。
- ・要介助の患者の滞在する病室の場合、ナースステーションと安全域との相互の位置関係により危険度は大きく変動する。

(2) 成否確率の変更により

- ・スプリンクラーの成否確率は、全員の危険度に大きく影響する。
- ・患者によって要素の成否確率の影響が異なる。
- ・ツリーの後半の要素ほど危険度への影響が小さくなること傾向があるが、危険度の小さい患者については出火室の扉の開閉の影響も大きい。

(3) 時間のパラメータの変更により、

- ・到着時間変更による危険度の変動はF.O.前後で顕著である。これは、F.O.をこえると、消火が不可能になるためである。
- ・移動速度や煙濃度が許容値を越えるまでの時間の変更については、運動能力A、運動能力Bは設定値回りで急激な変化はない。一方運動能力Cは、設定値回りで敏感で、ほんの僅か変動しただけでも、値が大きくかわってしまう患者がいる。

以上から、現段階での評価法における条件を少し変えた場合、あるいは各パラメータを設定値周辺で変動させた場合の影響の大きさについて、3点に絞って言及すると、

- (1)平面の形や病室・安全域・NSの幾何学的な配置関係が危険度に影響する。
- (2)スプリンクラー作動の成否確率が、どの患者にとっても影響が大きい。
- (3)その他のパラメータの影響は、患者の運動能力によってまちまちだが、全体の傾向としては、自力で移動可能な運動能力A，Bの危険度があまり大きく影響されないのに対して、移動するには常に介助者に頼らねばならない運動能力Cの患者は、概ねどのパラメータの影響も受けやすいと言える。

4-2 非出火階評価の性質

4-2-1 建物の条件と危険度

1) 変更する条件

4-1-1 では、出火階の平面構成の違いによる危険度の値の比較を行った。しかし、3-4で述べた非出火階の評価法では、出火階評価における平面構成のような幾何学的に意味を持つ要素を直接には考慮していない。そこでここでは、図3-3の建物において、表4-2に示す値・条件を変動させることによる危険度への影響を見る。

表4-2 変更する条件

項目	設定値・設定条件	変更の内容
防災設備（感知器） （スプリンクラー） 管理体制 階段室の数	居室→熱感知器 廊下→煙感知器 各空間に2名 各管理廊下の2ヶ所	①全空間熱感知器 ②全空間煙感知器 設置しない 管理者数1名 設置する 1つにする (図3-3の右のみ)

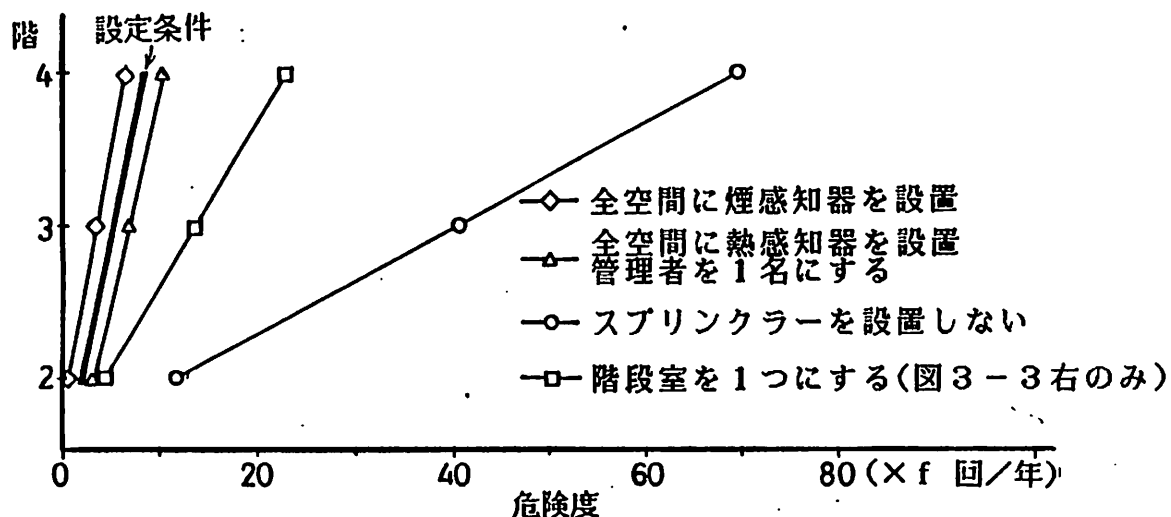


図4-13 建物の条件変更による危険度の変化（非出火階）

2) 結果と考察

図4-13に結果を示した。全空間に煙感知器を設置すると、危険度は各階とも同じ値だけ小さくなっている。これは、煙感知器の方が熱感知器より早く作動しているため（60秒）、直下階の空間で出火した場合に避難が間に合うようになるためである。2階の危険度が0になっていることが、これを表している。又、同じ値づつになるのは、各階の平面や扉などの条件が共通なためであるが、このことはもとの危険度と変更後の危険度の比で見ると、下階ほどこの変更の影響が大きいことを意味している。逆に、全空間を熱感知器にすると、危険度は同じ値づつ大きく

なる。これは、下階のどこで出火した場合も避難開始時間が限界時間より大きくなってしまい避難不能になるためである。ここでは、それぞれの階の危険度は、確率に関するパラメータを変更しないときの最大値となっている。管理者数を1名にした場合も同じ値を示す。

スプリンクラーを設置しない場合は、危険度は大幅に増加し、もとの値の10倍になっている。

階段室の数を2→1にした場合も、各階とも危険度は非常に高くなっている。これは、階段室の扉が閉鎖していることによる危険度の軽減分が少なくなるためである。

4-2-2 成否確率の変更と危険度

3-4で用いたイベントツリーの分岐のうち、スプリンクラーについては上で考察したので、ここでは扉の閉鎖確率を変更し、同じく図3-3の建物の各階の危険度(指標I)にどのような影響がでるかを見る。ここでは、階段室の扉と各客室の扉の影響の差を知るため、それぞれの扉の開放確率を0.1ずつ増減させた場合の危険度の変化を求め、図4-14に示した。

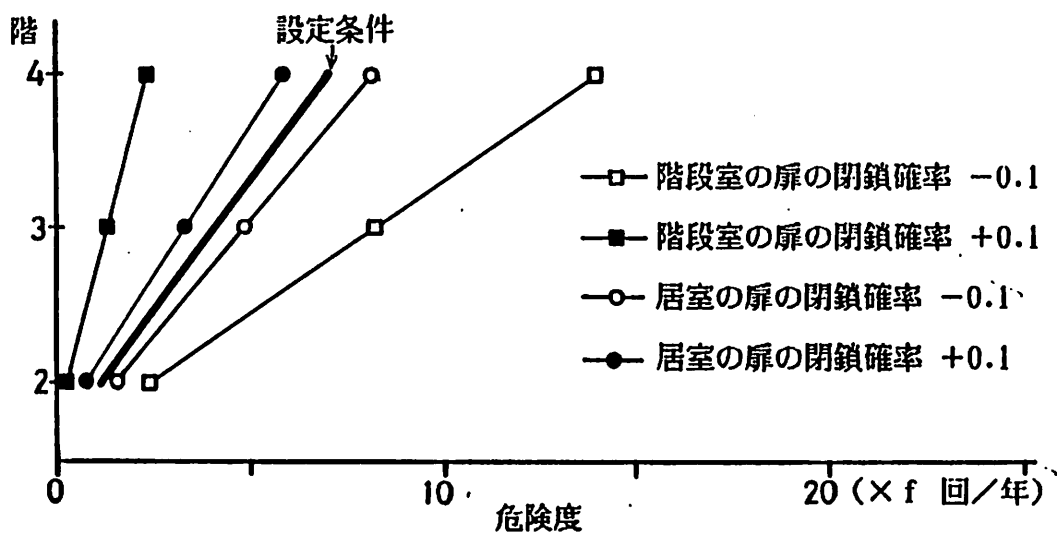


図4-14 成否確率の変更による危険度の変化(非出火階)

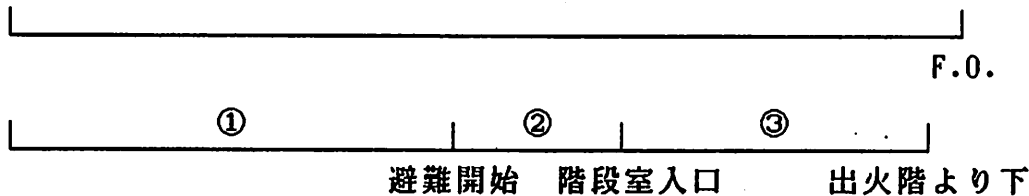
当然ではあるが、たて穴区画を形成する階段室扉の開放確率の変動のほうが各客室のそれよりも危険度にずっと大きく影響する結果となっている。

4-2-3 時間のパラメータと危険度

ここでは図3-3の建物について①避難開始時間、②避難行動時間、③下降時間の3つをそれぞれ表4-3のように変動させた場合、危険度（指標I）にどのような影響が出るかを見る。結果を図4-15,16,17に示した。

表4-3 3つの要素の変動のさせ方

	設定値・設定条件	変動幅
①（開始時間）	155, 195, 215, 255秒 （シリアによって異なる）	設定値 - 80秒 ～設定値 + 20秒
②（流動係数）	1.0人/m・s	0～3.0人/m・s
③（下降速度）	1層当たり10秒	1層当たり0～15秒



①避難開始時間

設定値より±約10秒変動しただけで、各階とも危険度が大きく変わる。設定値は、155秒から255秒であるから、非常に敏感に危険度に影響していると言える。

②避難行動時間

設定値より±約0.2人/m・s変動しただけで、各階とも危険度が大きく変わる。設定値は1.0人/m・sであるから、非常に敏感に危険度に影響していると言える。

③下降時間

設定値より1層当たり3～4秒変動すると危険度が変わる。設定値は1層当り10秒であるから、このパラメータも敏感に危険度に影響していると言える。

又、①②③を通じて上層階の方が危険度のふれ幅が大きい。これは、上層階ほどその階に危険を及ぼしうる面積（下階面積）が増えるためである。

4-2-4 まとめ

建物の条件、成否確率、時間のパラメータの3つの要素の変更により、非出火階評価の性質として次のようなことが分かった。

(1) 建物の条件の変更により、

- ・スプリンクラーの設置・非設置、階段室の数が危険度に大きく影響する。

(2) 成否確率の変更により

- ・階段室の扉の方が居室の扉の方が危険度に影響を与える。

(3) 時間のパラメータの変更により、

- ・時間のパラメータは、設定値周りで危険度に敏感で、上層階ほどこの傾向が強い。

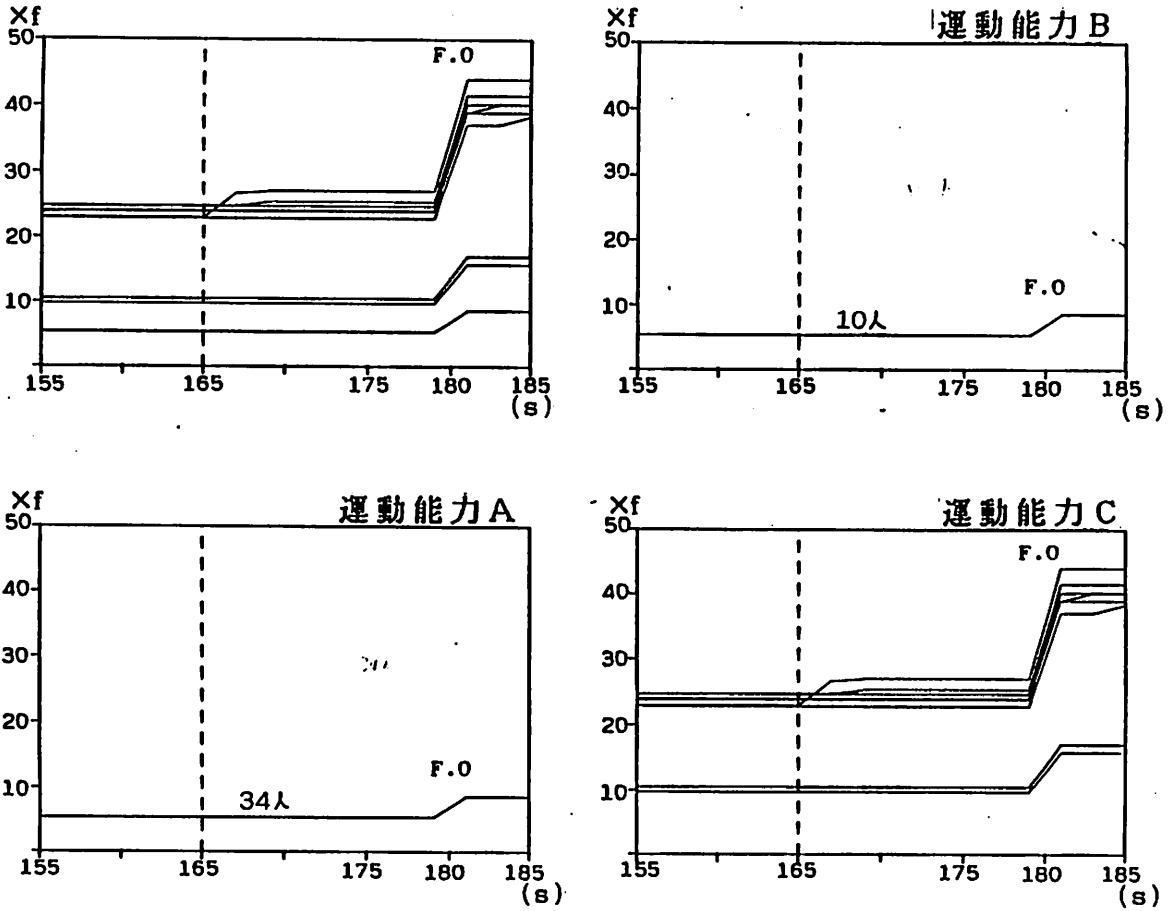


図4-9 管理者到着時間の変更と危険度

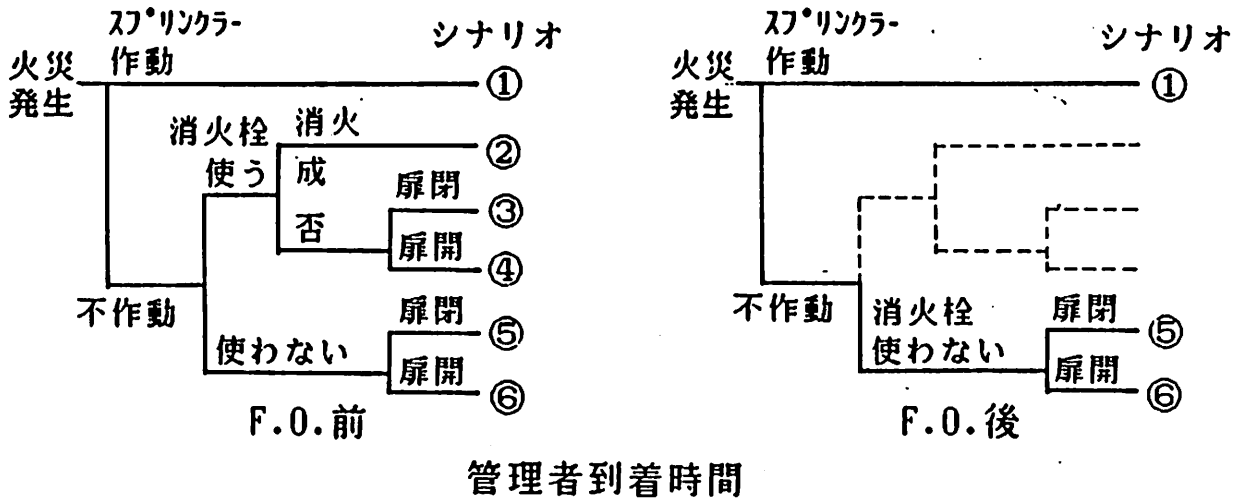


図4-10 イベントツリーの変化

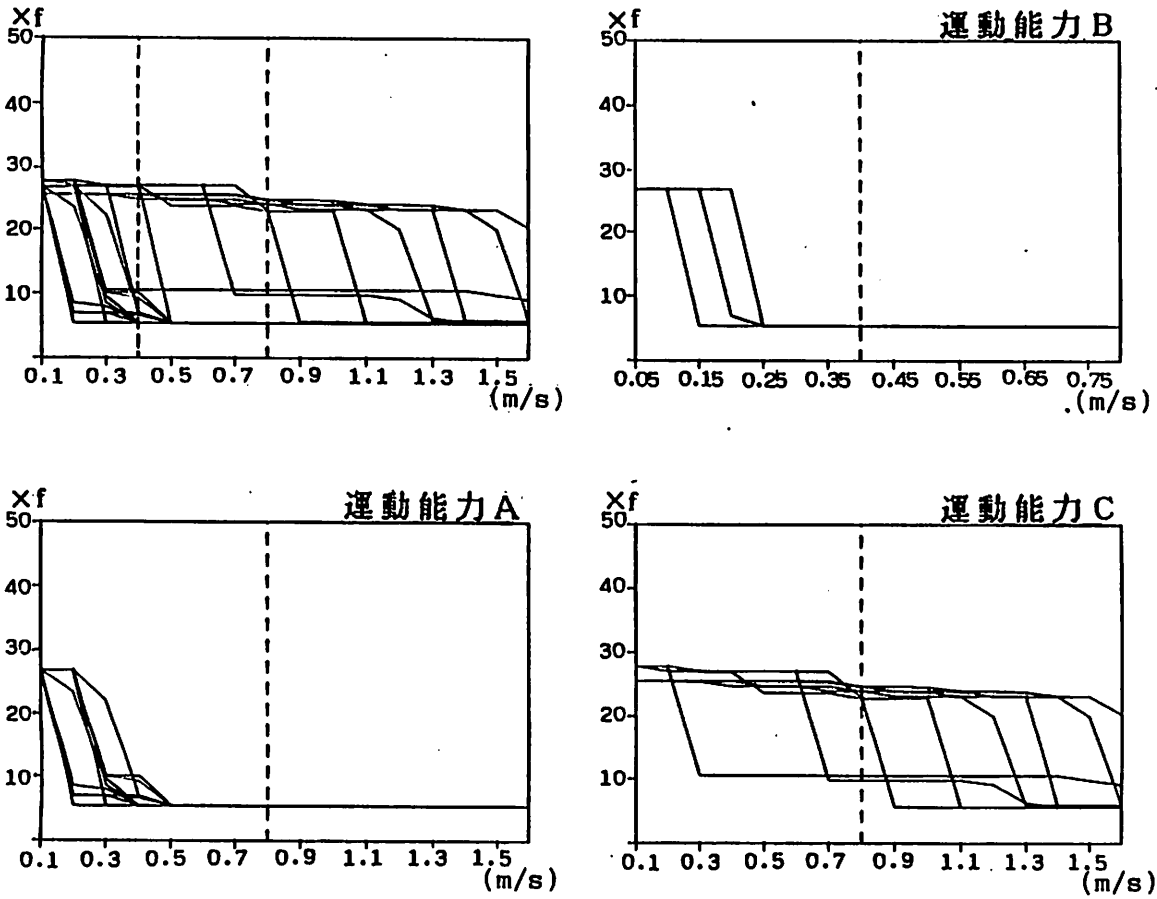


図 4 - 11 患者の移動速度の変更と危険度

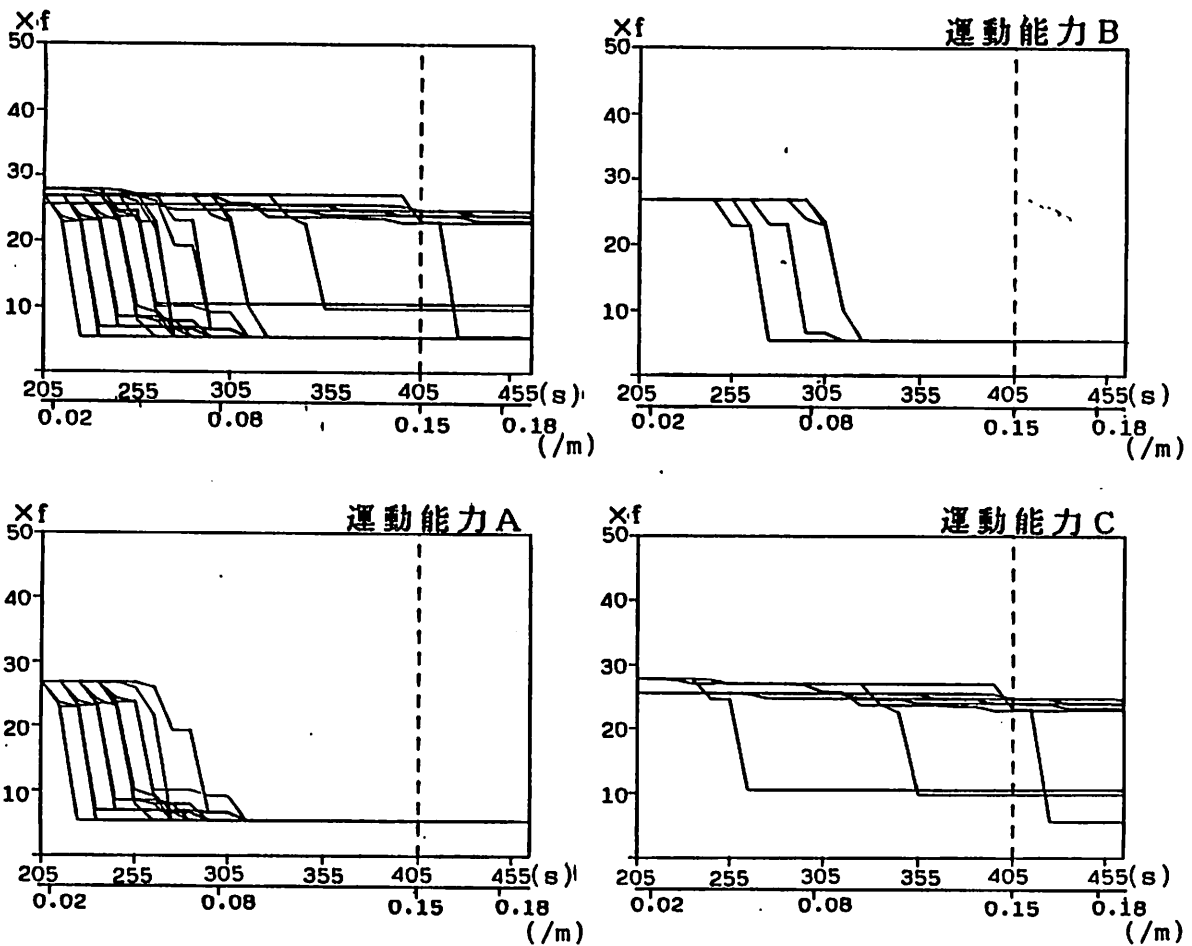


図 4 - 12 煙許容濃度の変更と危険度

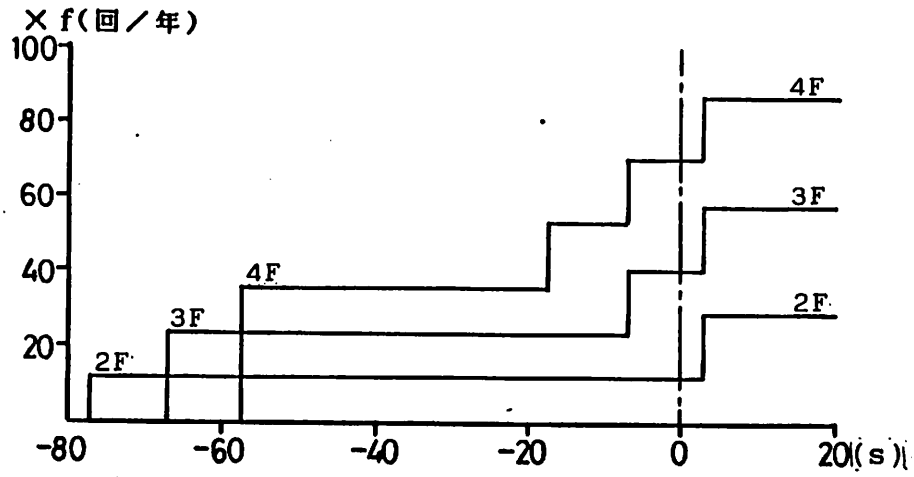


図 4 - 15 避難開始時間の変更と危険度

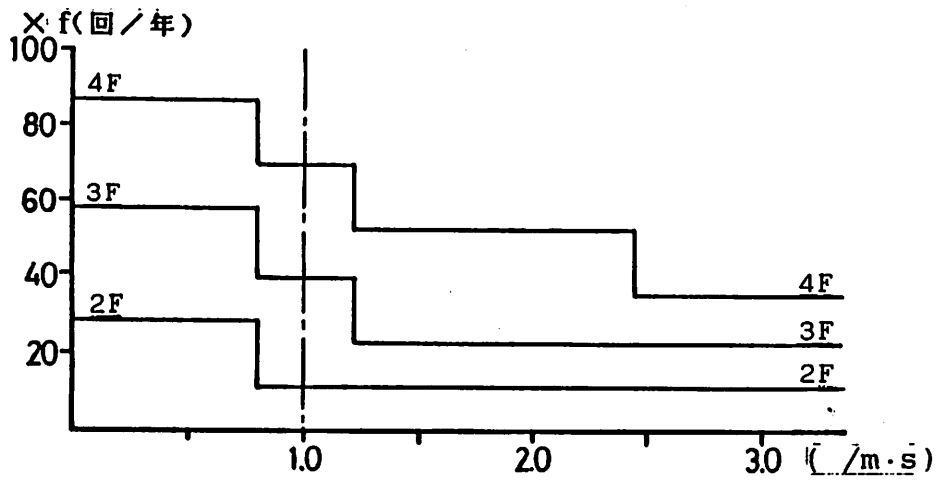


図 4 - 16 階段室入口部分での流動係数の変更と危険度

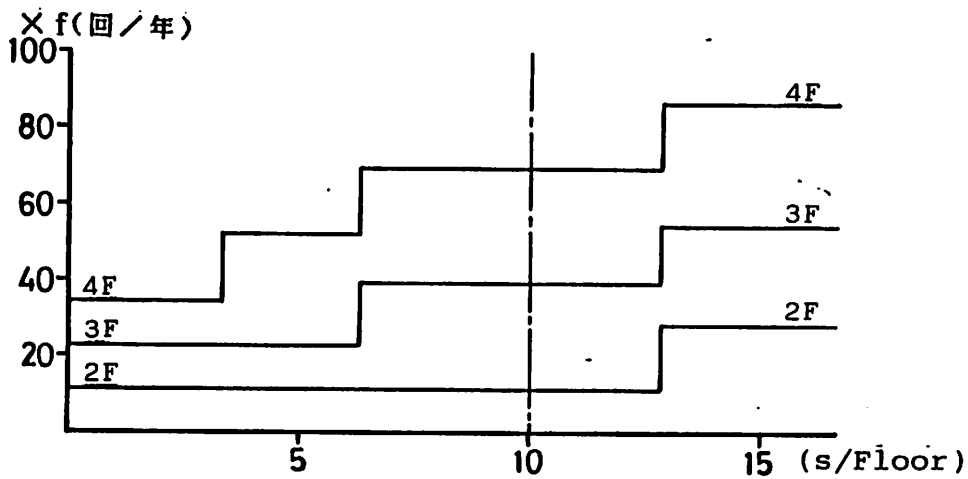


図 4 - 17 階段の下降速度の変更と危険度

結び

本論文では、過去における火災の知見や火災実験結果をもとに、避難活動を含めた建物火災をシミュレートし、その結果から建物内火災に伴う人命危険度を定量化する方法を提案した。その内容を以下にまとめる。

- 1) 危険を「建物内火災により死亡すること」と定義した。
- 2) 確率論的な扱いをすることを前提として、イベントツリーによって危険度に大きな影響を及ぼすと考えられる要素を分岐させて火災をシナリオ化した。そして、それぞれにおいて滞在者の危険・安全を考えた。
- 3) 危険度の指標は、期待危険回数と、危険からの期待距離という2つを採りあげた。ここでは、個人ごとに危険度を算出することを原則とした。

さらに適用例として、既存の建物の出火階及び非出火階の危険度の評価を行い、各々で設定値や設定条件の変更による危険度への影響の出方を調べた。

- 4) 危険度の計算式は、出火階の評価は(3-2)(3-3)、非出火階評価では(3-6)(3-7)で表された。又、適用結果としての危険度は図3-7, 8及び、図3-9, 10にそれぞれ示した。
- 5) 設定値・設定条件を変更することによって評価値への影響を調べた。そして、その結果をもとに本評価法の性質を分析してみると、それらは4-1-4、4-2-4にまとめたようにいずれも従来から指摘されてきた知見に矛盾しないものであった。

したがって、本評価法ではこれまでの定性的な知見をある程度定量化して表現できたと言ってよいのではないかと考えられる。

今後の課題としては、評価法そのものに、より高い客観性及び演えき性を持たせていくこと、設定値・設定条件の確からしさを向上させていく2点があろう。具体的には、次のようなものを挙げるができる。

- 1) まず、シナリオの作成に際し、どの要素を選ぶべきか、あるいはどの要素を選べば充分かを現実の火災事例の分析を通して、取捨選択する作業が必要である。また要素の成否の確率は現時点での暫定値であり、管理者等の行動の類型化や機器の信頼性を保障するための要因の抽出を行ない、値の変動要因、分布の形とふれ幅を明らかにし、危険度への影響を検討する必要がある。
- 2) 時間のパラメータについても、その値は暫定値であり、今後様々な建物に評価法を適用していくためには、より一層の検討が加えられねばならない。特に、

4-1-3でみたように、イベントツリーの形に直接関わってくる時間については、この作業は重要である。

- 3) 1-2-5で述べたように、評価法の客観性を実証していく作業が必要である。したがって、評価建物数をさらに増やして、評価値と火災統計を照合して行かねばならない。
- 4) 又、評価法の客観性と関連して、間違った判断を行わないために、全く異なる切口を持つ指標を並べ、比較することも重要である。したがって、今後、本研究で用いた指標とは別の角度から評価を行う指標の案出が待たれる。

さて、本論文は冒頭でも述べたように、まだ試論の段階にあり、筆者は「とりあえず値を出してみよう」と、目の前を模索する形で研究を進めた。このため、論文中には、冗長すぎる部分があったり、不足気味の部分があったりと、全体にバランスの悪い構成になってしまった。又、本論文中には筆者が自ら定義して、使用している用語が少なくない。しかし、筆者の勉強不足、表現力不足のために、言葉の選択の不適切や意味の不明確等、意図する所を十分に説明しきれていない部分が多くなってしまった。この点、筆者の能力の無さを痛感するとともに、反省して止まない。最後に、このテーマの研究が将来へと続き、なんらかの形で、火災安全の一助となることを期待しつつ筆を置く。

昭和62年3月25日

謝辞

本研究にあたって、終始本質的に掘り起こした御指導を賜りました辻本 誠先生に厚く感謝の意を表します。また、論文の作成において大いなる御指導・御協力を頂きました志田弘二氏、朴 哲也氏、図表の作成を度々お願いした竹之内哲次君、建物実態調査に於て、その計画・実行に携わられた石川朝弘君ほか調査に御協力いただいた方々に末筆ながら謝意を表します。

<参考文献>

- 文 1) 志田弘二ほか、火災発生に伴う人命危険の評価法、日本建築学会計画系論文報告集、1986.10
- 文 2) 小栗 篤ほか、雑居ビルの火災危険に関する統計的研究、建築学会東海支部研究報告、1986
- 文 3) 東京消防庁予防部、建築物の防災性能の評価について、火災、VOL.31.NO.6 1981
- 文 4) Nelson.H.E. and Shibe.A.J.:A Systems for Fire Safety Evaluation of Health Care Facilities, U.J.N.R., Panel on Fire Safety 4th Joint Meeting, 1979
- 文 5) G.S.A: Interim Guide for Goal Oriented Systems Approach to Building Fire Safety,1972
- 文 6) 勝野仁、建築の防災性能評価方法、安全工学、VOL.23.NO.6
- 文 7) スプリンクラー：
 ・ Fire Journal,Vol.64,No.4、1974
 ・ Fire Journal,Vol.74,No.3、1980
 防火戸：渡辺郁夫、辻本誠；防災設備の作動信頼性が火災安全性に及ぼす影響に関する研究、火災学会研究発表会概要集 1985
 消火栓：Akio WATANABE, Effectiveness of Active Fire Protection Systems ,CIB Symposium 1979
- 文 8) 神忠久、煙の中での心の動揺度に関する研究（第1報）、火災学会研究発表会概要集 1979
- 文 9) 病院管理研究所、災害に対する病院の保安避難体制に関する研究（中間報告書）1975.3
- 文10) M.David Egan（邦訳）建築の火災安全設計、鹿島出版会
- 文11) 中祐一郎、鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究、鉄道技術研究報告、NO.1079 1978.3
- 文12) 志田弘二ほか、病院在館者の避難行動能力に関する実地調査、火災学会研究発表会概要集 1984
- 文13) 志田弘二ほか、病院の避難計画に関する研究、（その1）患者の避難行動能力の分析、（その2）患者の避難行動能力別要避難者数、日本建築学会学術講演梗概集 1984
- 文14) 志田弘二ほか、病院患者の避難時運動能力、火災、VOL.35.NO.6、1985

- 文15) 辻本誠、建物火災のモデル化、第9回安全工学シンポジウム講演予稿集、1979
- 文16) 川越邦雄ほか、閉空間における家具の燃焼性状、火災学会研究発表会概要集
1974
- 文17) 志田弘二ほか、火災発生に伴う人命危険の評価(1),(2)、日本建築学会学術
講演梗概集、1985
- 文18) 志田弘二ほか、火災発生に伴う人命危険の評価法(1),(2)、日本建築学会東
海支部研究報告、1986.2
- 文19) 西岡史仁ほか、火災発生に伴う人命危険の評価(3)、日本建築学会学術講演
梗概集、1986
- 文20) 西岡史仁ほか、火災発生に伴う人命危険の評価法(3)、日本建築学会東海支
部研究報告、1987.2
- 文21) 日本建築センター、新建築防災計画指針、P127
- 文22) Holt Ashleyほか、(邦訳) エネルギーと環境 - リスク・便益によるアプ
ローチ -
- 文23) 佐藤一男、原子力安全の論理、日刊工業、S55
- 文24) 井上威恭監修、総合安全研究所編、FTA安全工学、日刊工業、S54
- 文25) 牟田紀一郎、建物の火災と安全のはなし、鹿島出版会、S58

付録（１） 廊下の煙濃度が減光係数 $0.15/m$ を越えるまでの時間の算定方法

付録（２） 病院・宿泊施設の実態調査内容及び結果の概要

付録(1) 廊下の煙濃度が減光係数0.15/mを越えるまでの時間の算定方法

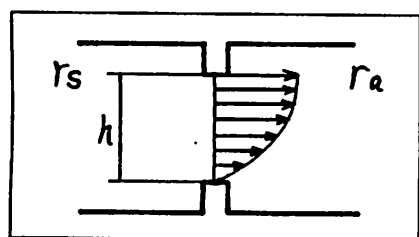
3-3の出火階評価において、廊下の煙濃度が減光係数0.15/mを越えるまでの時間の算定方法を以下に示す。

仮定1) : F.0.までは出火室からの煙の発生は無いとする。

仮定2) : 出火室から出た煙は瞬時に廊下に一様に拡散するとする。

仮定3) : 出火室の扉が開いている場合はF.0.と同時に、扉が閉まっている場合は、ある時間遅れTの後に廊下の煙濃度が減光係数0.15/mを越えるとする。

(1)流量計算



異なる密度をもつ流体が、図のような開口をはさんで接するとき、その開口を通る流体の流量(重量)は、次式で表される。

$$G_s = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2 g r_s (r_a - r_s)} h^{\frac{2}{3}} \quad (\text{付-1})$$

ここに

G_s : 重量流量 (kg/sec)

α : 形状抵抗係数

r_s : 出火室の空気の密度 (kg/m³)

r_a : 廊下の空気の密度 (kg/m³)

B : 開口の幅 (m)

h : 開口の高さ (m)

g : 重力加速度 (m/sec²)

さて、出火室の温度を800℃、廊下の温度を20℃とすると、

$$r_s = \frac{353}{273+800} = 0.329 \quad r_a = \frac{353}{273+20} = 1.2$$

又、開口をドアの隙間と考えて、

$$\alpha = 0.7 \quad B = 0.01 \quad h = 2.0$$

とすると、(付-1)は、

$$G_s = 0.03137 \text{ (kg/sec)}$$

となる。廊下に出た煙は常温に冷やされると仮定し、上式を $r a$ で除して体積流量に直すと、

$$Q = 0.026 \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

(2)廊下の煙濃度が $0.15/m$ を越えるまでの時間の算定

今、廊下の体積を $V \text{ m}^3$ 、出火室から発生する煙の濃度を $C_s = 20/m$ 、廊下での煙の許容濃度を $C_s = 0.15/m$ とすると、次のような関係が成り立つ。

$$0.15 \times V = 0.026 \times T \times 20$$

$$T = 0.288 V \text{ (sec)}$$

ここで、 T は F.O. 後の時間を表す。F.O. の発生する時間を仮りに 180 秒とすると、出火後、廊下の煙濃度が $0.15/m$ を越える時間 t は、次式で表される。

$$t = T + 180$$

$$= 0.288 V + 180 \text{ (sec)}$$

(付-2)

付録（2） 病院・宿泊施設の実態調査内容及び結果の概要

(1) 調査対象の選択

本研究で開発した危険度評価法の目的として評価法をひとつの物差しとして、世の中の建物の危険度がどのように分布しているかを知ることがある。この目的に合致するよう、設定した規模（建築基準法に基づき建築物の定期点検を義務付けられる規模）以上の建物について総数がリストアップされているとされる行政庁の建物リストからランダムサンプリングを行なって調査対象を定めた。用途を宿泊施設、病院の2用途、それぞれの棟数を30棟としたのは現地調査の限界からである。

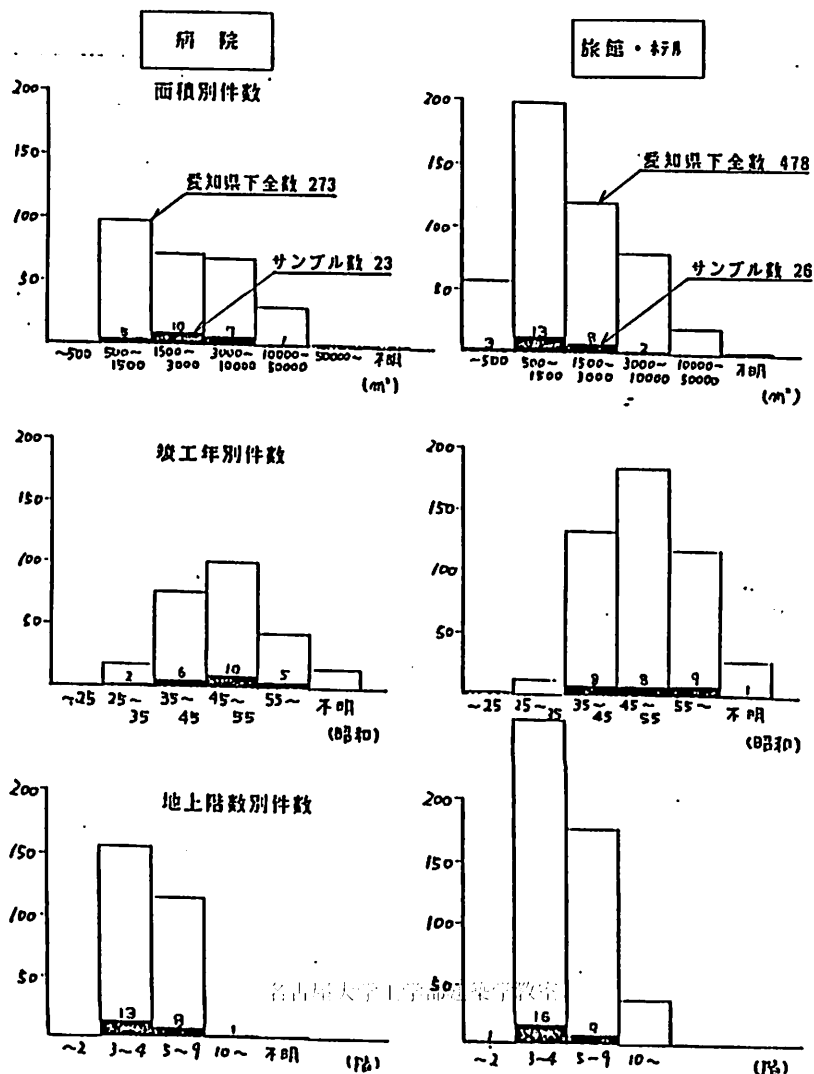
（調査対象） A内の旅館・ホテル（3階以上，300 m²以上）、病院（3階以上，500 m²以上）からランダムサンプリングした30棟ずつ

（調査期間） 1986年 8月19日～10月 8日

（調査実行率）

病院	23/30	対象の規模が設定値（10000 m ² ）を越していた	； 1棟
		調査拒否	； 1棟
		精神病院	； 5棟
旅館・ホテル	26/30	調査拒否	； 2棟
		改装中	； 1棟
		廃業	； 1棟

（サンプルと母数の特性）



建物データ

感知器	室 廊下 階段	熱 〃 〃	煙 〃 〃	両方 〃 〃	無 〃 〃
非常用放送		各室	各階	無	
内装	壁・天井 床・カーテン	不燃 防災	準不燃 可燃	可燃	
非常用 照明	室 廊下	有 〃	無 〃		
スプリンクラー		有	無		
延床面積		_____ m ²			
階数		地上____階/地下____階			
階段数		_____個			

室データ (各階ごと)

室数	_____室
各室ごと	
室番号	_____号室
用途	病室・客室 厨房・湯沸・配膳 収納 食堂 機械 廊下・ホール 事務・受付・NS 住居 駐車 木造 診察・検査 X線関係 リネン その他
面積	_____ m ²

扉データ (各階ごと)

扉数	_____枚
各扉ごと	
材質	鉄 木 アルミ 鉄・ガラス 木・ガラス アルミ・ガラス 開放
種類	煙感連動防火扉 手動式防火扉 熱ヒューズ式防火扉 煙感連動防火シャッター 手動式防火シャッター 閉鎖機構付き扉 (含 常閉防火扉) 閉鎖機構の無い扉 軽量シャッター 引戸 開放 その他
開閉 状況	防火戸 普通
	検査時に閉まった 検査時に閉まらない 閉まっている 開いている

(3)調査結果の概要

表付-1、表付-2に現地調査を行なった建物および階段室扉の状況等を示した。

表付-1 病院用途(25棟)の建物概要〔病院数は23〕

建物番号	用途	延床面積 (㎡)	階数	確認・増築 (昭和 年)	階段数 (屋内)	階段室の扉の状況	放送設備
B 1	病棟	442	5/0	S 5 1	1	SD(5/5)	3
B 2	病棟	2314	3/0	S 4 4	30	SC(25/25),FU(2/2),NO(2)	1
B 3	病棟	577	5/0	S48・S49	1	SC(0/5),FD(1/1)	1
B 4	病棟	6165	6/0	S 4 7	4	SD(2/2),HF(7/13) SC(5/6),FU(1/1)	2
B 5	病棟	2595	9/1	S 5 8	2	SC(14/18),FU(1/1),NO(1)	1
B 6	病棟	815	4/0	S 3 6	1	HF(4/4),SD(1/1),FU(1/1)	2
B 8	旅館	885	5/0	S 5 3	1	SD(6/8),SC(0/1)	2
B10	旅館	357 ⁺ (720)	4/0	S56・S57	1	SD(2/4)	1
B11	旅館	2480	5/0	S 5 7	1	SD(13/13)	3
B12	旅館	376 ⁺ (438 ⁺)	2/0	S 4 6	1	FD(1/1),NO(1)	2
B14	旅館	2981	5/0	S 5 9	2	SD(4/7),SC(1/2),FU(2/2)	3
B15	病棟	1877	4/1	S 3 8	1	SC(1/1),NO(3)	1
B16	旅館	613	3/0	S56・S57	2	SD(1/4),SC(0/4),FU(2/2)	1
B17	病棟	697	3/0	S 5 7	1	SD(3/3)	1
B18	病棟	3354	5/1	S 4 4	2	SD(5/5),SC(4/5),NO(1)	2
B19	病棟	560	4/0	S 4 1	1	SD(5/5),SC(1/1),FD(0/1)	3
B20	病棟	1734	3/1	S 4 2	8	SD(3/4),SC(23/28) FD(1/1)	1
B22	病棟	928	6/0	S44・S51	2	SD(8/8),SC(6/6),FD(0/1)	2
B23	病棟	2946	4/0	S 4 6	4	HF(3/4),SC(1/1),NO(4)	2
B24	旅館	361	4/0	S 4 8	1	SD(6/6),NO(1)	1
B25	病棟	970	3/0	S 5 8	1	SD(5/5),SC(1/1)	3
B26	旅館	1467	3/2	S 5 6	3	SD(7/8),SC(2/6),FU(1/3)	2
B27	旅館	2748	4/0	S42・S4・S9	2	SD(12/12),SC(2/6)	2
B28	旅館	1249	3/1	S 5 7	2	SD(3/4),SC(1/1),NO(1)	2
B29	病棟	558	3/0	S 3 9	1	NO(3)	内線
B30	旅館	579	3/0	S 5 2	1	SD(3/3)	2
以上26棟						計 SD(94/101),HF(14/21) SC(87/117),FD(11/15)	1 2 3 9 11 5

表付-2 旅館・ホテル用途(26棟)の建物概要

建物番号	用途	延床面積 (㎡)	階数	扉認・増築 (昭和 年)	階段数 (屋内)	階段室の扉の状況	放送設備
A2	病院	1615	3/0	S31	3	SC(2/2),FD(1/1),NO(5)	3
A3	"	3166	3/0	S55	2	SD(3/3),FU(3/3)	2
A4	"	3679	4/0	S53・S58	4	SD(3/8),NO(4)	3
A5	"	1524	3/0	S42・S47	2,2	SD(4/8),NO(5)	3
A7	"	2273	4/0	S50・S57	2	SD(9/11),SC(2/2)	3
A8	"	4800 (11438)	3/0	S29・30・33 S36・42・54	5	FD(0/3),NO(9)	2
A9	"	1762	3/1	S51	2,1	SD(6/6),SC(2/2),NO(1) FD(0/1)	3
A10	"	1085	3/0	S53・S54	3	SD(5/10),FD(1/2)	3
A11	"	1358	7/1	S45	2	SC(1/13)	2
A12	"	1763	4/0	S54	2	SD(5/8),FD(1/1)	2
A15	"	1665	6/1	S46	2	SC(13/16),FD(1/1)	3
A16	"	3726	6/0	S46・S53	4	SD(3/6),SC(5/10),FU(3/3)	3
A17	"	2131	6/1	S44	3	HF(7/7),SC(1/5)	3
A18	"	1706	3/1	S37・S42	2	SD(7/8),SC(0/2)	3
A19	"	2665	5/0	S45	4	SC(5/15),FD(1/1),NO(3)	3
A20	"	1925	6/0	S37	3	SC(2/2),FD(7/9),NO(1)	3
A21	"	1424	5/0	S58	2	SD(6/6)	3
A22	"	4140	10/1	S57	4	SD(25/25),SC(2/2)	3
A23	"	4304	4/1	S56・S57	3	SD(5/6),SC(8/11),FD(1/1)	3
A25	"	585	3/0	S39	2	FD(5/6),NO(1)	3
A27	"	1001	5/0	S55	2	SD(5/5),SC(2/2)	2
A29	"	4384	3/0	S40・41・48	6	SD(10/12),FD(1/1),NO(4)	2
A30	"	3427	8/1	S45	4	SD(10/12),SC(5/8),NO(4)	3
以上23棟						計 SD(108/132),HF(7/7) SC(46/80),FD(13/18)	1 2 3 0 6 17

(注)

面積 ①印は1/4・浴室を除いた面積
()は非対象部分(木造部等)を含めた面積

階数 地上階/地下階

階段数 屋外階段は含まない
明らかに別棟のものは二つに分けて表示

階段室の扉の状況

SD:(Smoke-Detector) 煙感知器連動 (検査時に閉まった枚数/全枚数)
HF:(Heat-Fuse) 熱ヒューズ (検査時に閉まった枚数/全枚数)
SC:(Self-Close) 常閉防火戸・自閉 (閉まっている枚数/全枚数)
FD:(Fire-door) 閉鎖機構無し (閉まっている枚数/全枚数)
NO:(NO-cooperment) 区画無し (区画の無い階段の枚数)

放送設備 1:無し 2:各階放送 3:各室放送

(4)防火戸の点検結果と扉の開閉状態

病 院

材質 機構	鉄	木	アルミ	鉄	木	アルミ	その他	計	割合	開閉 不明
煙感連動 防火戸	$\frac{124}{158}$	*	*	*	*	$\frac{2}{3}$	*	$\frac{124}{158}$	0.78	2
熱ヒューズ 防火戸	$\frac{13}{13}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{13}{13}$	1.00	0
手動 防火戸	$\frac{6}{10}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{6}{10}$	0.60	1
閉鎖機構 有り	$\frac{131}{188}$	$\frac{216}{321}$	$\frac{32}{68}$	$\frac{46}{68}$	$\frac{44}{84}$	$\frac{23}{38}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{493}{769}$	0.64	84
閉鎖機構 無し	$\frac{23}{31}$	$\frac{282}{451}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{189}{299}$	$\frac{9}{17}$	*	$\frac{512}{811}$	0.63	36
引戸	$\frac{9}{42}$	$\frac{18}{45}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{8}{24}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{58}{152}$	0.38	68
煙感連動 シャッター	$\frac{4}{12}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{4}{12}$	0.33	0
軽量 シャッター	$\frac{0}{2}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{0}{2}$	0	0
手動防火 シャッター	$\frac{4}{22}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{1}$	*	*	*	$\frac{8}{28}$	0.28	4
その他 不明	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{1}{1}$	*	*	$\frac{1}{1}$	$\frac{7}{9}$	0.78	27

$\frac{\text{（点検で閉じた扉の枚数）}}{\text{（全部の扉の枚数）}}$

煙感連動 熱ヒューズ
防火戸 防火戸

$\frac{\text{（閉じていた扉の枚数）}}{\text{（全部の扉の枚数）}}$

その他

宿泊施設

材質 機構	鉄	木	アルミ	鉄	木	アルミ	その他	計	割合	開閉 不明
煙感連動 防火戸	$\frac{84}{100}$	*	*	*	*	$\frac{2}{3}$	*	$\frac{86}{103}$	0.83	1
熱ヒューズ 防火戸	$\frac{18}{27}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{18}{27}$	0.67	0
手動 防火戸	$\frac{2}{3}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{2}{3}$	0.67	0
閉鎖機構 有り	$\frac{259}{348}$	$\frac{99}{134}$	$\frac{18}{25}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{25}{27}$	$\frac{5}{14}$	*	$\frac{410}{556}$	0.73	9
閉鎖機構 無し	$\frac{79}{99}$	$\frac{159}{249}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{6}{13}$	*	$\frac{256}{381}$	0.67	1
川戸	$\frac{1}{3}$	$\frac{36}{66}$	$\frac{2}{4}$	*	$\frac{6}{9}$	$\frac{8}{14}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{57}{100}$	0.57	34
煙感連動 ノッター	$\frac{2}{18}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{2}{18}$	0.11	2
手置 ノッター	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0
手動防火 ノッター	$\frac{0}{1}$	*	*	*	*	*	*	$\frac{0}{1}$	0	1
その他 不明	$\frac{0}{1}$	$\frac{4}{5}$	*	$\frac{0}{1}$	*	*	*	$\frac{4}{7}$	0.57	4

(点検で閉じた扉の枚数)
(全部の扉の枚数)

煙感連動
防火戸

熱ヒューズ
防火戸

(閉じていた扉の枚数)
(全部の扉の枚数)

その他

扉 ④ 閉鎖機構
有り

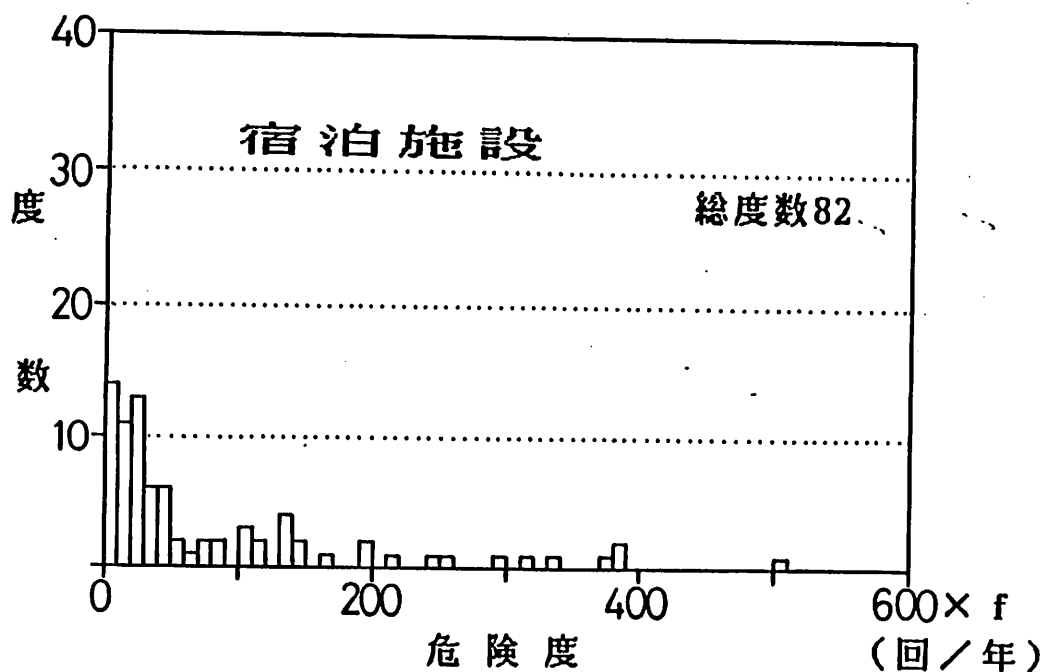
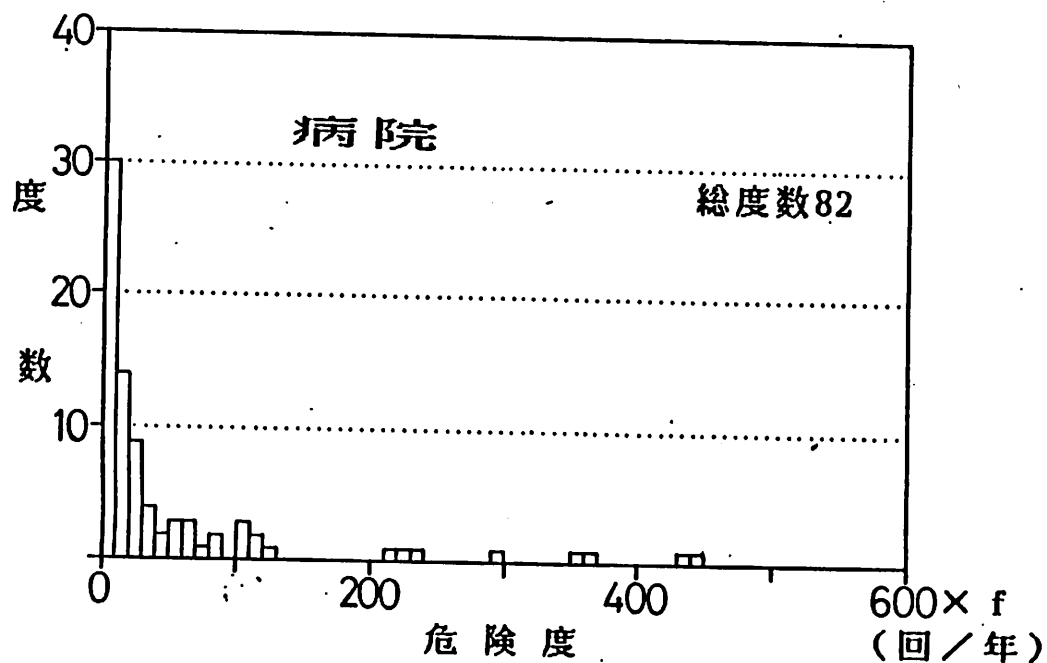
用途 場所	病院	宿泊施設	計	
通路-部屋	$\frac{330}{421} = 0.78$	$\frac{414}{659} = 0.63$	$\frac{744}{1080} = 0.69$	} 0.7
通路-階段	$\frac{49}{65} = 0.75$	$\frac{56}{74} = 0.76$	$\frac{105}{139} = 0.76$	
部屋-階段	$\frac{16}{19} = 0.84$	$\frac{20}{25} = 0.80$	$\frac{36}{44} = 0.82$	
通路-通路	$\frac{15}{51} = 0.29$	$\frac{3}{11} = 0.29$	$\frac{18}{62} = 0.29$	} 0.3
計	$\frac{410}{556} = 0.74$	$\frac{493}{769} = 0.64$	$\frac{903}{1325} = 0.68$	

扉 ⑤ 閉鎖機構
無し

用途 場所	病院	宿泊施設	計	
通路-部屋	$\frac{236}{359} = 0.66$	$\frac{498}{789} = 0.63$	$\frac{734}{1148} = 0.64$	} 0.6
通路-階段	$\frac{8}{12} = 0.67$	$\frac{3}{3} = 1.00$	$\frac{11}{15} = 0.73$	
部屋-階段	$\frac{8}{10} = 0.80$	$\frac{1}{3} = 0.33$	$\frac{9}{13} = 0.69$	
通路-通路	$\frac{4}{8} = 0.50$	$\frac{10}{16} = 0.63$	$\frac{14}{24} = 0.58$	
計	$\frac{256}{381} = 0.67$	$\frac{512}{811} = 0.63$	$\frac{786}{1192} = 0.64$	

(5) A県における危険度の度数分布

(3)の建物群に対して、3-4の非出火階の評価法を用いて、各建物の各階（避難階を除く）の危険度を計算した。この結果の度数分布をとって図付-1に示す。病院では非常に危険度の高いグループとそれ以外に分かれており、危険度の高いグループは竣工年がかなり古く、建物の区画がほとんど無い建物である。



図付-1 対象建築物の各階危険度の度数分布