はじめに

建築基準法や消防法では、建築安全性に関する各種の規定で、それを満足しない建築物の建設を防止し、建設される建築の安全性の水準を維持している。ここに、2つの重要な問題が存在している。1つは、規定で維持しようとする安全水準をどう設定するかという問題である。もう1つは、その安全水準を越えているかどうかを判定する手続きをどうしたらよいかという問題である。

この2つの問題は、実際には、多くの専門家によって審議されており、最新の工学的知見と経験が反映されている。

しかし、望ましい安全水準をどう設定するかという問題では、物理的特性などの狭い意味での工学的知見だけでは解決しえない点もある。人間がリスクをどこまで許容するのかといった非物理学的問題が絡むからである。安全性の評価についても、建築空間の使用形態や人間の心理的側面など、狭い意味での工学の範囲を越えた問題が関係している。

以上のように、安全水準設定の問題と安全評価の問題は、狭い意味での工学の範囲を越えた検討が必要になっている。しかしながら、物理的要因に係わる問題については、科学的で明快な議論で検討されてきているものの、狭い意味での工学の範囲を越えた問題については、専門家の意見も、主観的知見に終始したり、論理的に不明解な議論がなされることもある。

安全水準設定の問題と安全評価の問題を、より明快な議論のもとで解決していくために、狭い意味での工学の範囲を越えた議論の枠組みが必要であろう。いわば、安全水準設定と安全評価の科学とでも呼ぶべきものの確立が必要である。

本書は、安全水準設定と安全評価の科学への第一歩を纏めたものであり、残念ながら、安全水準設定と安全評価の問題を解決する決定版ではない。

第1章から第3章で、安全水準設定の問題と安全評価の問題を議論すると

きに必要な基礎知識をまとめた。

第 4 章では、安全評価判定の基礎理論を構築する。第 5 章では、規制すべき安全水準の設定理論を構築する。この 2 章は、安全評価と安全水準設定の基礎となるもので、一般性を持たせるために、やや抽象的な記述にならざるを得ないが、例を当てはめて考えれば理解を助けると思う。

第 6 章以下では、建築に関する安全評価、安全水準設定の具体的問題を取り上げ、建築安全性の規定のあり方に言及したものである。

2014 年 8 月

青木義次

都市・建築安全性の社会工学
―― 安全評価と安全水準設定の理論 ――

目　次

はじめに …… *1*

第1章　建築安全の評価と水準設定の役割 …… *9*

1.1　安全認識の差異と共通基盤　*10*

1.2　安全水準と安全規制　*11*

1.3　市場原理の限界　*11*

1.4　安全評価と安全水準設定の科学的方法論　*14*

第2章　安全評価の基礎理論 …… *15*

2.1　選好順序と評価　*16*

2.1.1　特徴量と評価量　*16*

2.1.2　選好順序と基数的効用　*17*

2.1.3　評価空間における無差別曲線　*19*

2.2　効用関数の推定法　*22*

2.2.1　ヘドニックアプローチ　*22*

2.2.2　ロジットモデルの導出　*22*

2.2.3.　効用関数の推定　*25*

2.3　多次元評価（マルチ・クライテリア問題）　*29*

2.3.1　代替不可能性と再生産可能性　*29*

2.3.2　支配概念　*31*

2.3.3　パレート最適　*33*

2.4　マクシミニ評価　*35*

2.4.1　最悪状況評価と最善対策　*35*

2.4.2　最悪最善原理とゲーム論　*36*

第3章　安全性尺度の確率論的基礎 …… 39

3.1　安全性の尺度と確率現象　40

3.1.1　不確定要因の介在　40

3.1.2　確率変量の記述　40

3.1.3　正規分布　43

3.1.4　破壊確率モデル　43

3.2　信頼性解析の基礎　45

3.2.1　信頼性解析の基本的変量　45

3.2.2　指数型信頼度関数の導出　47

3.2.3　指数型信頼度関数での基本変量　49

3.2.4　指数型信頼度関数でのパラメータ推定　50

3.3　構造関数　51

3.3.1　構造関数とブール代数表現　51

3.3.2　最小パスと最小カット　54

3.4　フォールト・ツリー・アナリシス（FTA）　56

3.4.1　フォールト・ツリー　56

3.4.2　ブロック図　58

3.4.3　直列および並列の信頼度計算　60

3.4.4　共通原因故障問題　61

3.4.5　指数型信頼度関数での組合せシステム　62

第4章　評価判定システムの基本構造とその最適化 …… 65

4.1 安全評価システム　66

4.2　評価システムの基本構造　66

4.2.1　現行安全評価システムの例　66

4.2.2　建築安全評価システムの定式化　67

4.3　評価システムの役割・意義　68

4.4　評価システムの最適化　70

4.4.1　損失最小評価システムと誤り最小評価システム　70
4.4.2　損失最小評価システム　71
4.4.3　誤り最小評価システム　74
4.5　ポイント加算型評価の妥当性　75
4.5.1　ポイント加算型評価　75
4.5.2　2クラス損失最小評価システムの対数指標　76
4.5.3　データ要素間の独立性　76
4.5.4　2クラス損失最小評価システムの線型表現　77
4.6　安全評価システムの可能性　79

第5章　規制誘導政策での安全水準設定論 …… 81
5.1　規制誘導型防災計画の課題　82
5.1.1　規制誘導型防災計画　82
5.1.2　問題状況の例　82
5.1.3　評価空間と設定水準　83
5.1.4　技術的・制度的制約　85
5.1.5　評価状態の変動性　85
5.2　2つ集合の比較評価の方法　89
5.2.1　評価空間における支配概念の拡張　89
5.2.2　拡張された最適性の概念　92
5.3　安全水準設定の最適化　93
5.3.1　パレート・レイ・オプティマム　93
5.3.2　安全水準設定の最適化　99

第6章　現行規定の確率論的検証 …… 101
6.1　現行安全規定　102
6.1.1　確率的災害現象と確定論的安全規定　102
6.1.2　避難安全検証法　103
6.2　確率分布問題　104

6.2.1　確率分布と安全評価　*104*
6.2.2　主要確率変量の変量特性と実用的要請　*105*
6.2.3　歩行速度と歩行時間の確率分布形の導出　*106*
6.2.4　他の主要確率変量の確率分布形の導出　*109*
6.3　避難安全性の確率論的評価　*111*
6.3.1　基本前提　*111*
6.3.2　歩行時間卓越型プランでの評価　*111*
6.3.3　扉通過時間卓越型プランでの評価　*114*
6.4　確定論的評価との比較　*115*
6.4.1　確定論的評価　*115*
6.4.2　確率論的評価と確定論的評価の関係　*117*

第7章　避難経路の確率論的評価と2方向避難原理の妥当性 …… *121*

7.1　2方向避難原則の考え方　*122*
7.2　避難経路の確率論的評価の基本概念　*123*
7.2.1　単純通路の通行可能確率の導出　*123*
7.2.2　2方向避難の確率論的意味　*124*
7.3　避難階段位置の確率論的評価　*125*
7.3.1　モデル化　*125*
7.3.2　避難可能確率　*126*
7.4　マクシミニ原理からみた避難階段の最適配置　*131*
7.4.1　マクシミニ原理　*131*
7.4.2　最小避難可能確率　*131*
7.4.3　マクシミニ原理から見た最適階段位置　*135*

第8章　普及促進と規制 …… *137*

8.1　規制と普及　*138*
8.2　排煙規定　*139*

8.3　機械排煙不採用理由　*140*

8.3.1　機械排煙不採用例　*140*

8.3.2　選択案の評価と無差別曲線　*140*

8.3.3　新たな選択肢での社会ストックの安全向上　*142*

8.4　社会全体の立場からの無差別曲線　*143*

8.5　計測評価方法の確立　*144*

文献リスト …… *146*

あとがき …… *148*