

建築計画における衛生器具の 適正值設定について

谷口 孚幸

1. ま え が き

建築計画におけるOR手法の適用例として適正衛生器具数の算定にGPSSを用いたシミュレーションモデルの考え方を紹介する。

適正衛生器具数の算定法の確立は建築計画・設備計画いずれにおいても重要な基本的要素であることはまぎれもなく、わが国独自の算定法が久しく求められていた。今年、空気調和・衛生工学会にて筆者の研究を含めて検討がなされ算定法[14]が提案されている。

等モデルのデータとして用いられている実測データ・アンケート調査結果ならびに既応の研究との比較については紙面の都合上割愛しているが参考文献[7][10][12][13]等を参照していただきたい。

なお、当論文が主として参考文献[10]によるものであることを付記する。

2. 既応の衛生器具数算定法の紹介

従来建物内の設置衛生器具数の決定は計画対象建物の計画人員数、あるいは学校の教室数や病院のベッド数などの建物固有の機能単位から算出された計画人員を基にNational Plumbing Code [1]や労働安全衛生規則[2]を用いて算出されていた。

わが国では上記の法的算出法の他に設置衛生器具数を決定するための方法がいくつか提案されている。たとえば、事務所建物・学校・劇場に関してあふれの確率を仮定したものと、あふれ率を用いる吉武による方法[3]および、待ち合せ理論を用いた藤井他のモンテカルロシミュレーションによりあふれ率を定め器具数を決める方法[4]、また超過確率を用いた村川による方法[5]などがあげられる。これらは衛生器具に着目し、その使用回数

たにぐち たかゆき 大成建設㈱ 開発本部開発第一部
〒163 新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル

や占有時間などを調査して、器具を使用できない人の割合(あふれの確率)の上限値を仮定し器具数を決定するものであった。

衛生器具数に対するこれらのアプローチはいずれも衛生器具に測定器具を設置し、使用者の業務内容その他の属性は考慮に入れずに衛生器具の側から見た使用回数や占有時間の測定結果より器具数を決めるものであり、換言すれば「衛生器具の使われ方」に着目した算出法と言える。筆者は建築設備計画が建物使用者の快適環境の創造とその質的向上をめざすため、適正衛生器具数を「衛生器具使用者の待ち時間がある許容値以下になるように設置された個数である」と考えた。すなわち、使用者の「衛生器具の使い方」に着目した算出法を提案し、設計実務で大きな割合を占める事務所建物を研究対象として業務内容、性別を考慮した適正衛生器具数算定法を提案した。

3. 適正衛生器具数の概念およびその算定手順

1) 適正衛生器具数の概念

一般に事務所建物におけるトイレ内衛生器具の使用形態は、使用するさいに待ちを生じさせない「即時利用式」で計画されるべきと言われているが、実際の建物内には計画対象人員に対して適正な衛生器具数が設置されている例が少ないため、不便を感じる待ちを往々にして生じ、使用者は何らかの方法でそれを回避している。毎時のトイレ使用頻度は平均的な就業時間帯あるいは、24時間周期で同様なパターンを繰り返す。これは対象とするトイレの使用者によって多少の差異はあるが、通常出社直後の1時間と昼食時前後の1時間ならびに退社直前の1時間の各時間帯においてピークが見られる。

衛生器具数はこのピーク時の混雑の解消を考慮して決められたものでなければならない。従来より、使用される衛生器具の側からアプローチした衛生器具数算定法

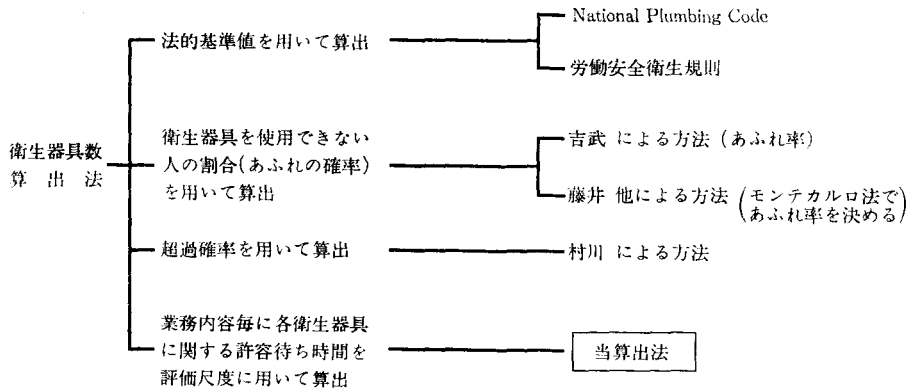


図 1 当衛生器具数算出法の位置づけ

[3]-[5]が提案されている。[3] [4]については、各衛生器具への平均到着率(単位時間当りの使用人数)の概念を用いて、全日あるいは一定時間内において衛生器具を使用できない人の割合(これを、あふれの確率*2と定義する)を仮定し、使用できない人の割合がこの値以下になるように衛生器具数を決定するものであった。

本研究では、衛生器具使用者の行動に着目し業務内容や性別などの属性を考慮したうえで使用するさいに不便を感じない衛生器具の設置数を適正衛生器具数として以下のごとく定義した。

図 2 (a)に示すようにトイレ使用者を一定にし、「十分満足できる多数の器具数(図 2 (a)中 N_0 点)を次第に減少させた場合、衛生器具使用者の多くの者が急に不便を感じはじめる直前の器具数(図 2 (a)中 N_s 点)」とした。

2) 適正衛生器具数の算定手順

適正衛生器具数は 3. の 1) で述べた定義と以下に示す手順により設置衛生器具数に関する意識調査を行なうことによって求められる。以下に適正衛生器具数算定の概念フローを示す。

ステップ 1. 設置衛生器具数が等しく、配属人員数の異なる複数の既設建物内の各階を対象にして、トイレ使用感アンケート調査を行なう。この結果を図 2 (b)に示すように各階ごとに集計し、現状の設置器具数に満足する人の割合を求め、この値が急激に減少する階の人員数 N を求める。

*2 吉武によるあふれの確率は以下で定義されるものである。

「衛生器具を使用するために到着した人数に対する衛生器具を使用できない人数の期待値の割合」

ステップ 2. ステップ 1 で用いた設置衛生器具数 P と求められた人員数である N 人分のトイレ使用状況調査結果を基礎データとし、器具使用時における待ち時間のシミュレーションを行ない、最も混み合う時間帯での最大待ち時間を求め、この値を「許容待ち時間」とする。

ステップ 3. 次に、他の計画人員数について同様の器具使用シミュレーションを行ない、トイレ使用時に生じる待ち時間がステップ 2 で求められた最大待ち時間以下となる器具数を求め、これを各人員数に対応する適正衛生器具数とする。

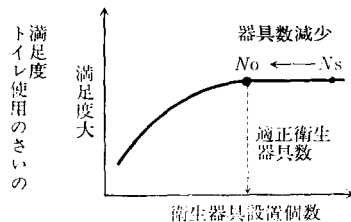


図 2 (a) 適正衛生器具数決定の概念図

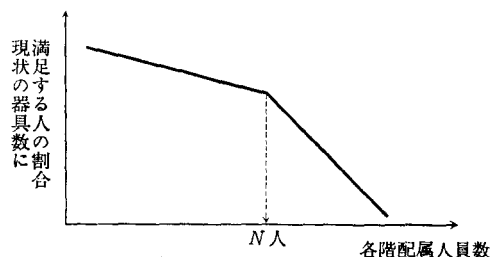


図 2 (b) 設置衛生器具数が P 個での各階配属人員数と現状の器具数に満足する人の割合

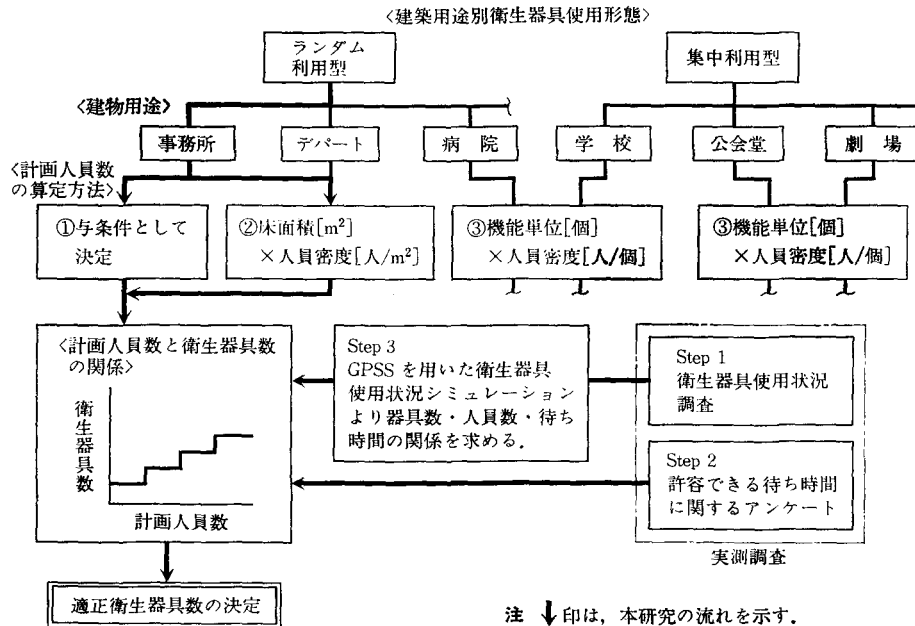


図 3 適正衛生器具数の算定手順

ただし、ステップ1～3で対象としているトイレ使用者は同じ属性を有する人間であるものとする。

以上のステップ1～3で調査の対象としているトイレ使用者は全く同じ属性を有するグループであることを仮定しているが、このような状況は現実にはありえず、使用者のトイレの使い方、時間に対する考え方、短気か否かという性格などによって、同程度の待ち時間でも、その設置衛生器具数に対する満足度は個人によってかなり異なる。そのため図2(b)に見られるような明瞭な相関関係が得られることは難しく、そのばらつきは大きいと思われる。

そこで、本算定法では、男女別かつ業務内容別にトイレ使用状況調査[7]を行ない、被調査者毎の使用特性を求め、これを基礎データとして磁気テープに収納し、さらに得られた衛生器具使用時間を提示して許容待ち時間をアンケート調査により求め、GPSSを用いて作成した衛生器具状況シミュレーションモデルに磁気テープから計画人員数分のデータをランダムに取り出し入力し、設置衛生器具数と最大待ち時間との関係を求め、アンケート調査で得られた許容待ち時間に対応する衛生器具数を適正衛生器具数とした。

以上に述べた適正衛生器具算定手順を図3に示す。

4. GPSSを用いた衛生器具使用状況予測シミュレーションモデル

1) GPSSによるシミュレーションの手順

図4にGPSSを用いた衛生器具使用状況予測シミュレーションの手順を示す。すなわち事務所建物内の執務人員に対し就業時間帯を対象とした衛生器具使用状況アンケート調査[7]を行ないトイレ内の各衛生器具への到着時刻、各衛生器具の占有時間を調べる(図4, ①)。集められたデータを被調査者の属性、たとえば、イ)業務内容、ロ)年齢、ハ)男女別などによってトイレ使用回数や占有時間の分類を行なう(図4, ③)。これをマグネチックテープ(M. T.)に基礎データ群として記憶させておき、計画対象建物の各階において計画人員数とその業務内容、男女比率等の属性を想定しM. T.内の基礎データ群より抽出したトイレ使用状況のアンケート結果を単位時間毎にトイレの使用人数、各衛生器具の使用人数および使用パターンの分類と使用器具の割合をまとめ(図4, ⑥)、各衛生器具について最も使用頻度の高い時間帯を求める。衛生器具数の決定にさいしてはこの時間帯における各衛生器具の適当と考える待ち時間を判定基準とし決定する。

2) GPSSによる衛生器具使用状況のモデル化

トイレ内の衛生器具を使用するさいの人間の動きは以

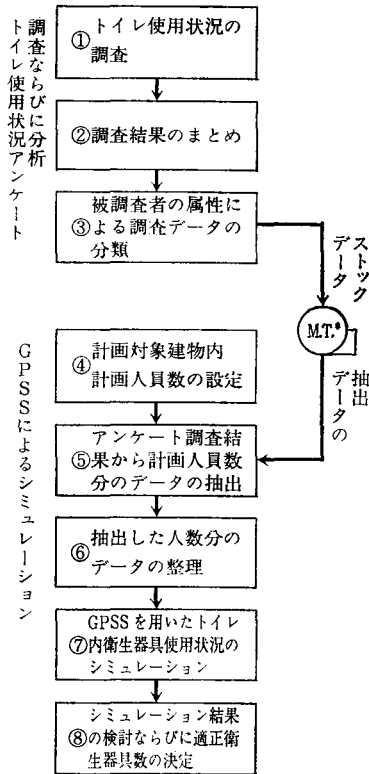
下のようにモデル化される。なお、各衛生器具を使用するさい、その器具が空いていない場合に器具の前で空くまで待つための列を想定している。すなわち、衛生器具の使用者は、はじめに①衛生器具の前の列に並び、その列に並んでいるすべての人が使用を終えて立ち去った後に初めて②衛生器具を占有することが可能となる。③衛生器具を占有した後に④その器具から離れる。なお、小便器を使用した後に手洗器を使用する場合のように同一人が複数の衛生器具を使用する場合には上記の①～④が繰返し生じると考えられる。

衛生器具を使用するさいの人間の行動パターンは図5に示す5種類である。すなわち、手洗・洗面のために手洗器のみを使用するもの(パターン1)大小便器のみを使用するもの(パターン2, 4) および 大小便器を使用の後に手洗器を使用するもの(パターン3, 5)である。ここで図5に示す $X_1 \sim X_4$ は抽出したトイレ使用状況アンケート調査結果のうち最も混雑する時間帯における衛生器具の使用行動パターンの割合である。 $X_1 \sim X_4$ はそれぞれ以下に示す割合である。

- X_1 : トイレ到着者のうち大小便器を使用する者の割合
- X_2 : 便器使用者のうち大便器を使用する者の割合
- X_3 : 大便器使用者のうち使用後に手洗器を使用する者の割合
- X_4 : 小便器使用者のうち使用後に手洗器を使用する者の割合

3) GPSSによる衛生器具使用状況シミュレーション例

アンケート調査結果より得られた人員数、衛生器具数と最大待ち時間の関係を求める手順とシミュレーション結果を示す。図6にはM.T.に記憶された基礎データから24人分を抽出した衛生器具使用状況例を示す。次に計画人員数を200人とした場合の小便器使用状況のシミュレーション例を示す。基礎データ群より200人分のデータを抽出し、これを用い1日の就業時



被調査者ごとに在階時間、トイレ入室時刻、使用衛生器具、衛生器具占有時間の記入を依頼

被調査者全員の毎時在階者数、トイレ使用状況のまとめ

たとえば性別、年齢別、業務内容別(事務系、技術系、営業系など)によるトイレ使用頻度、使用時刻の整理

衛生器具占有時間、トイレ使用人数ならびに到着時刻、衛生器具使用行動パターンの整理

シミュレーションの結果、衛生器具ごとに計画人員数、設置衛生器具数と待ち時間の関係を求め、アンケート調査から得られた許容待ち時間から適正衛生器具数を決定する。

図4 GPSSによるシミュレーション手順

* M.T.: マグネティックテープ (コンピュータのデータ記憶装置)

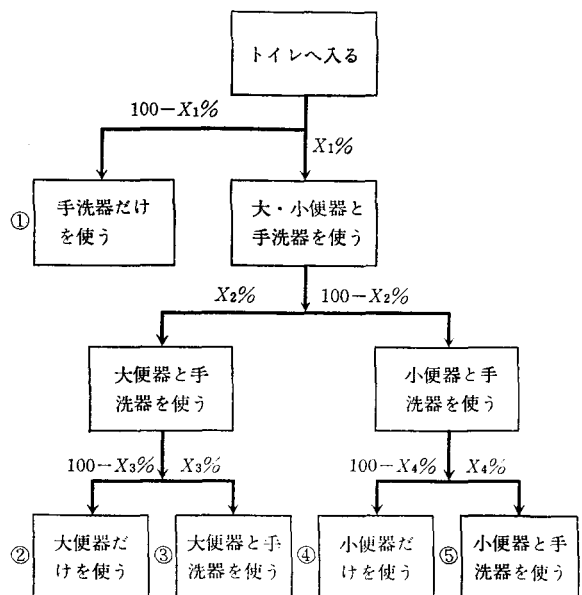


図5 トイレ内衛生器具使用行動パターンの分析

間帯内で小便器の使用頻度の最も高い時間帯を含む13時台における衛生器具使用パターンの割合(図5中の $X_1 \sim X_4$)とトイレへの到着時刻を求める。図7は横軸にシミュレーション対象時間の1時間の全到着人数に対する1人1人の到着順番、縦軸に到着時刻を秒単位で示したものを関数で多項式近似**したものである。シミュレーションのさい、200人分の到着時刻は抽出したデータのうち13時台にトイレを使用した人数分を確率変数0~1の間の数値**を乱数によって発生させ同図に示す関係より求める。これにより、短時間の混雑を再現することが可能となる。

小便器の占有時間は図9に示すようにアンケート調査結果を確率変数0~1の区間で位相 $K=11$ のアーラン分布で関数近似を行なっている。

以上シミュレーションモデルの概説を行なったが、シミュレーションの結果については紙面の制約上割愛するものである。

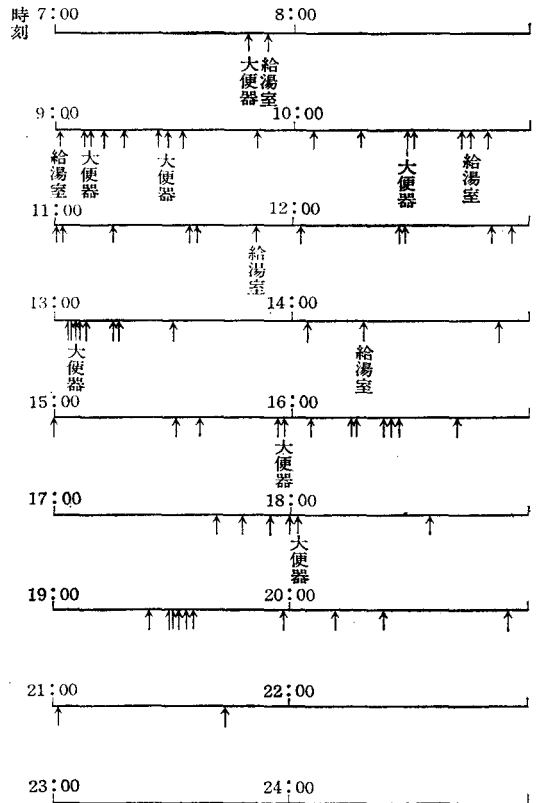


図6 トイレ内衛生器具使用状況例
(矢印は各衛生器具の使用時刻を示す。
矢印のみは、小便器の使用を表わす)

- *3 この場合 $Y = -11 + 870X + 2700X^{6.5}$ (Y : 到着時刻, X : 確率変数) であった。
- *4 乱数は乗算式合同法の一様を用いて発生させている。

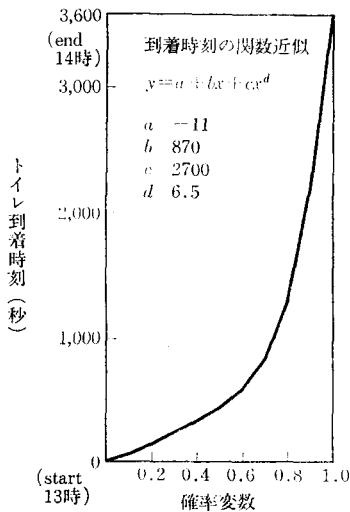


図7 トイレ到着時刻の関数近似
(Y別館6階 13時台)

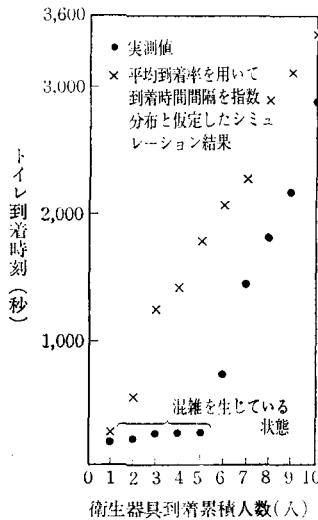


図8 到着時間間隔を指数分布と仮定した場合のシミュレーション結果と実測値との乖離の例

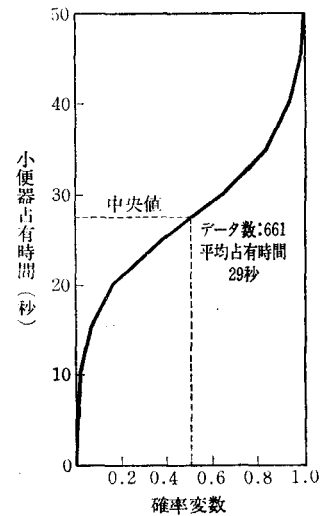


図9 小便器占有時間累積分布

参 考 文 献

- 1) VINCENT T., MANAS, P.E.: National Plumbing Code Handbook, McGraw-Hill Book Company, Inc, 1957
- 2) 労働省労働安全衛生部編：労働安全衛生規則，労働法令実務センター，1972
- 3) 吉武泰水：所要設備個数について(事務所等の場合) 日本建築学会論文報告集45, pp.76~84, 1952
- 4) 藤井正一他：衛生器具必要数の規準に関する調査と検討および提案，空気調和・衛生工学，39-11, pp.1~52, 1965, 11
- 5) 村川三郎：建築設備計画における給水負荷算定法に関する研究その4，同時使用の解析と給水負荷の算定，日本建築学会論文報告書，253, pp.103~112, 1977
- 6) 村川三郎他：建築設備計画における給水負荷算定法に関する研究その2，事務所建築における衛生器具と水使用の解析，日本建築学会論文報告集，249, pp.119~127, 1976
- 7) 谷口，並木：オフィスビル用途別毎時給水負荷算定法に関する研究第2報，実測編，空気調和・衛生工学，49-4, pp.1~20, 空気調和・衛生工学会，1975
- 8) 寺西，岩田，恵羅：システムシミュレーション，p.33, 日刊工業新聞社，1970
- 9) 佐治，白根，横井，大前：オペレーションズリサーチ，理論と実際，p.119, 培風館，1963
- 10) 谷口，並木，高橋：事務所建物における衛生器具数算定法に関する基礎的研究，空気調和・衛生工学会論文集，No.15, 1981.2, pp.19~31, 1981.2
- 11) 谷口，並木，高橋：適正衛生器具数算定法に関する基礎的研究(第1報)一適正衛生器具数の考え方とGPSSを用いたシミュレーションによるアプローチ一，空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1979-10)，pp.213~216, 1979.10
- 12) 谷口，並木，高橋：同(第2報)一既設建物における衛生器具使用者アンケート調査からのアプローチ一，pp.217~220, 1979.10
- 13) 谷口，並木，高橋：同(第3報)一衛生器具使用状況調査結果並びに本算定結果と既往値との比較一，空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1980-10)，pp.409~412, 1980.10
- 14) ㈱空気調和・衛生工学会：衛生器具の適正個数に関する調査研究報告書，1983.12

報 文 集 価 格 表 (会 員 価 格)

T-73-1	ネットワーク構造を有するオペレーションズ・リサーチ問題の電算機処理に関する基礎研究	1200円
T-76-1	オペレーションズ・リサーチのためのデータとプログラムに関する研究	4000円
T-77-1	システムダイナミックス—方法論と適用例	2500円
R-79-1	「ORの実践とその有効活用」視察団報告	1200円
R-82-1	「欧州におけるOR実施状況」視察団報告書	1200円
R-84-1	「米国におけるORの実践」視察団報告	1200円
T-86-1	「南北協力の新しい戦略——マイクロ電子技術を起爆として——」	3500円
R-88-1	「南米諸国とのOR交流視察団」報告書	1200円