

施設における快適性

——待ち時間評価による衛生器具適正個数の計画——

村川 三郎

1. まえがき

建築・都市域の居住環境計画を進めるうえで、常に安全性、衛生性、利便性、快適性、審美性などの機能が要求される。その中で特に最近では、居住環境における構成要素の基本的機能が充足されてきていることから、質的向上を求めた快適性、審美性などの機能を強く意識した環境整備がされるようになってきている。

ところで、この快適性を追求する場合に、すべてハード的な面に依存した施設整備的な解決だけによらず、歴史的、文化的要素はもとより、その環境に関与する人びとの処し方、生活習慣から社会的規範などかなり広汎な事象が関係する。したがって、筆者に与えられたテーマ「施設における快適性」についてもいろいろなアプローチが考えられるが、ここでは意味を少し限定解釈して、施設の快適性はしかるべき施設がしかるべき場所にあり、利用者に対し満足のいくサービスが与えられる場合と考える。

そこで、本稿では、施設として人びとが日常生活で欠かすことのできないトイレをとりあげ、そこに設置される衛生器具数の適正規模の問題を利用者の待ちに対する時間評価尺度をもとに述べてみたい。

2. 衛生器具の使われ方

人が生理的作用により1日にトイレに行く頻度は、気候や室内の環境条件、生活行動などによって影響を受けるが、平均的には大略決まっており、男性の小便で6回程度であり、女性はそれより若干少なくなる。また、利用場所もその人の行動範囲によって規定されてくるが、建物における使用頻度としては、建物の用途、在館人員、男女比、設備の配置など多くの要因が関係してくる。

ところで、このような利用要求に対し衛生器具の適性個数を検討するには、まず建物用途別に器具利用のためトイレにくる確率的なパターンを把握する必要がある。トイレの到着パターンには2つの建物タイプに大別できる。すなわち、一般的な事務所のように利用者が時間的制約を受けることなく、生理的要求にもとづいて自由にトイレを利用できる建物タイプと劇場・映画館、学校などのように休憩時間が明確に定まっており、利用時間帯が限定され、利用者とその時間帯に集中するタイプである。前者を任意利用形(ランダム利用形)、後者を限定利用形(集中利用形)と呼んでいる。

任意利用形について、事務所を例に1日の勤務時間帯での使用頻度を示すなら図1のようになる。ここで、1時間程度の時間帯で考えるなら、出勤時、昼食時前後、退社時に到着の集中現象がみられる場合が多いが、その時間内では到着に規則性のないランダム到着(ポアソン

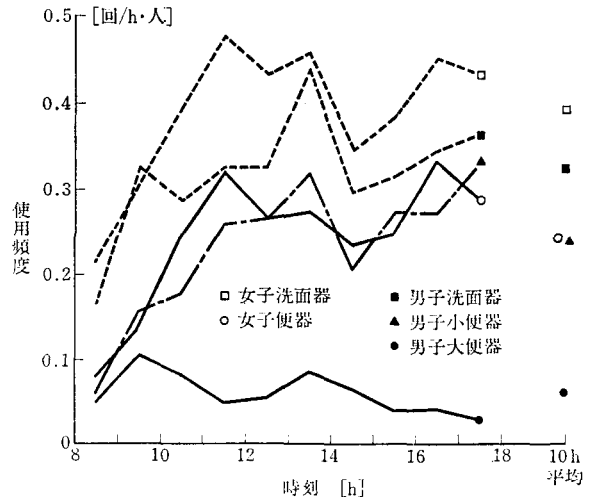


図1 衛生器具使用頻度の時間変化
(事務所在館人員1人あたり)

むらかわ さぶろう 広島大学 工学部
〒724 東広島市西条町下見

出典 [村川：衛生器具の必要個数と同時使用率について、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1976)]

到着)として扱える。

一方、限定利用形の学校について使用頻度の多い10分休憩時間に注目するなら、休み開始から約3~4分以内に到着頻度が比較的高く現われることが多く、休み時間を通してランダム到着として扱うことはできない。

そこで、この2つの利用形の建物につき到着率の頻度分布の実測例を示すなら図2のようになる。明らかに、事務所ではポアソン分布に近似しているが、小学校では集中現象によってポアソン分布からは大きくはずれる。

次に、規模算定においては各器具を利用する占有時間が問題となるが、第6章の事務所の器具数算定条件(表2)に示すように、大・小便器はアーラン分布、洗面器は指数分布で表わせることが多い。

3. 衛生器具利用者の待ち時間意識

適正な衛生器具数の算定ではサービスレベルの評価尺度が問題となるが、それには利用者の待ち時間に対する意識を把握しておくことが重要となる。そこで多少古くなるが、1981年に事務所に勤務する男性1059人、女性696人を対象に実施した待ち時間意識調査から得た結果の一部を紹介しておく[2]。

外出時これまでに一番長く待たされた場所として、男性では駅を、女性では映画館・劇場、百貨店・量販店を挙げている割合が高く、この時の平均最大待ち時間は、大便時で男性：243秒、女性：279秒、小便時で男性：125秒、女性：329秒となっている。

事務所のように一般的に待つことが少ないように設計されている建物でも、一番長く待たされた場所として挙げている者が若干いる。職場トイレでは図1に示したように使用頻度の多い時間帯に混雑が生ずるが、この混雑状況の評価として4カテゴリーによる不満の程度の回答

表1 トイレ混雑時の評価と待ち時間(事務所)

		大変 不満	やや 不満	しかた がない	何も感 じない
男子	回答頻度割合(%) n:912	4.8	10.9	56.7	28.1
	待たされる時間(平均:秒)	148.5	98.3	85.7	33.0
女子	回答頻度割合(%) n:554	2.3	5.8	55.4	36.5
	待たされる時間(平均:秒)	185.6	99.7	75.5	75.1

注) n: サンプル数(以下同様)

出典 [図3と同じ]

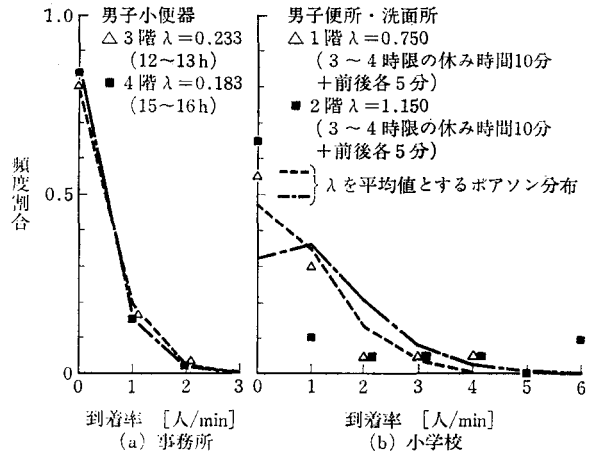


図2 到着率の頻度分布

出典 [村川, 紀谷: 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, 日本建築学会論文報告集, No. 249 (1976)]

[村川, 金崎: 学校における生徒の水使用行動についてその1, 日本建築学会中国支部研究報告集, Vol. 8, No. 2 (1981)]

割合および待たされると回答した者の各評価カテゴリーごとの平均待ち時間を表1に示す。男女とも「やや不満」までを含め、不満としている割合は低く、現状を容認している者が多い。待ち時間は不満の程度が高いグループほど長くなるが、男女とも小便時の平均占有時間、すなわち小便時の1人待ち程度の時間では不満としていないことがわかる。また、日常・非日常的に利用するトイレについて、望ましい便器数に対する意見として待ち時間評価によって利用者の考え方を求めた結果によれば、日常的に利用するトイレでは男女とも約45%は利用者が多くても待つことがないことを望んでいるが、平均的には男性で25秒以上、女性で32秒以上は待たせるべきでないとしている。

一方、非日常的な利用場所では待つことを許容する割合は高くなり、待ち時間の評価も男性で42秒以上、女性で60秒以上は待たせるべきでないそれぞれ長くなっている。この評価は利用者が「望ましい」としたときの結果であるが、これをさらに不満を感じないで待てる時間、すなわち「許容できる」とした待ち時間で示すなら、図3のようになる。同図は、日常的に利用する職場のトイレと非日常的に利用する映画館・劇

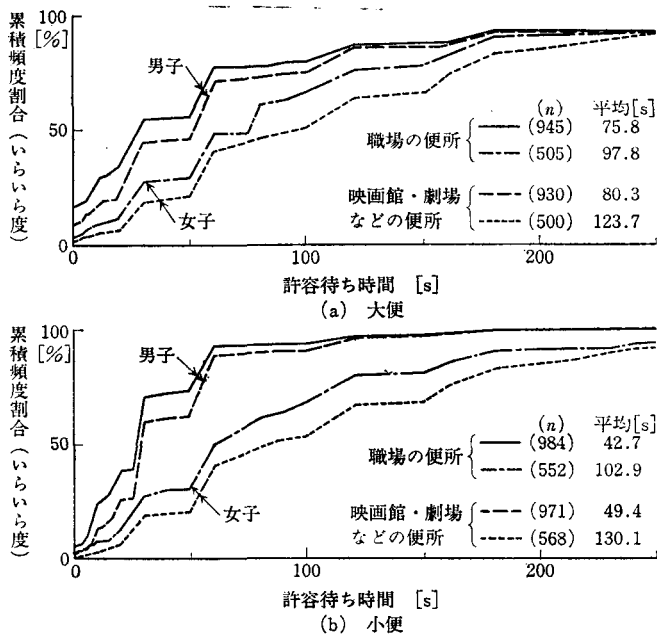


図3 許容待ち時間の累積頻度割合

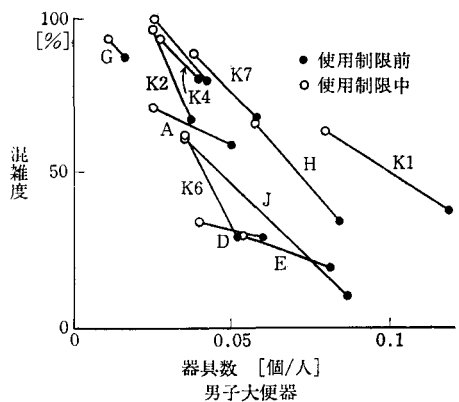
出典 [村川, 金崎: 事務所における衛生器具利用者の待ち時間評価と適正器具数の検討, 日本建築学会論文報告集, No. 328 (1983)]

場などのトイレについて、上段は大便のとき、下段は小便のときの許容待ち時間を累積頻度割合（いらいら度と称す）で示したものである。許容待ち時間は利用場所によらず大・小便とも男性の方が短い。また、男性では大便の方が小便に比べて30秒程度長くなっているが、女性ではそれほど差異はみられない。このことは、女性の場合、同じブースにある便器を大・小便兼用で使っているので、使い方による待ち状況の差異が日頃明確に実感されていないためと考えられる。

なお、許容時間以上待たされたときの利用者の行動は、映画館・劇場などではそのまま我慢して待つ割合が高いが、職場の男性の大便時では他のトイレを探す割合が高く、女性では大・小便とも出直す割合が高くなっている。

4. 衛生器具の使用制限と利用者意識の変化

施設利用者は日常おかれている環境に順応し、その施設がある程度の質的レベルが維持されているなら、多少の不便も許容してしまふ面を持っている。ところで、こ



注) 図中のアルファベットは建物(階)名を示す。

図4 衛生器具使用制限による混雑度の変化
出典 [図3と同じ]

の日常使用している器具を使用制限したら利用者はどのように反応するのであろうか。利用者の意識面から必要器具数を把握する上では興味ある内容といえるが、そのような人為的操作は、制限継続時間、不便さによる影響、慣れなどの問題から、調査実施には種々の困難を伴う。

ここでは、特殊な状況下であるが、1978年福岡渇水の時、一般事務所で実施された器具使用制限の調査から得た結果の一部を紹介しておく[2]。

衛生器具の使用制限は給水制限の始まった5月または6月から実施した建物が多く、大・小便器、洗面器のいずれかを使用制限した建物は45調査件数の中で約80%であり、継続期間は8~9カ月におよんでいる。使用制限した器具数は一般階で既設の1/2とした例が多いが、大・小便器では1/3、2/3とした建物も多い。

使用制限によるトイレの混雑状況は開始初期に混雑がみられるが、時間経過によって混雑は緩和しており、その原因として「利用時間の調整」、「他の場所の利用」、「慣れ」などが挙げられている。

ところで、各階の男子大便器を例として示すなら、制限前と制限中における在館人員1人あたり器具数と混雑

度評価の関係は図4のようになる。なお、「混雑度」とはトイレの混雑状況評価カテゴリーのうちで、混む側に回答した者の割合(%)としている。建物の調査階によっては、同程度の規模でも評価に隔たりがみられるが、器具の使用制限による「混雑度」の増大傾向は明らかであり、大便器では100%に達している階もみられる。他器具の図示は省略したが、男子トイレの場合、影響は大便器、小便器、洗面器の順に低くなり、制限解除を求める回答結果と対応している。

このような使用制限による影響を待ち時間として定量的に評価するため、第6章で示す事務所の器具数算定条件のもとにシミュレーションによって各建物階の最大待ち時間を算定した(シミュレーションは、1回の試行時間を60分とし、50回の試行回数から平均最大待ち時間を求めた)。図5に、男子大便器、女子便器について、器具使用制限前、制限中における図4で示した「混雑度」とシミュレーションにより求めた最大待ち時間の関係および図3の許容待ち時間を最大待ち時間とみなしたときの「いらいら度」との関係を示す。なお、破線は、大便器がすべて占有中のとき「空くまで待つ」と回答した者だけを対象としたときの「いらいら度」の関係を示している。これより、「混雑度」と「いらいら度」は待ち時間が長くなるにしたがい高くなるが、「混雑度」は待ち時間が短い場合でも高い値を示す例がみられ、特に女子便器では「いらいら度」より全般的に高い値を示す傾向にある。このことは、混雑に対する評価では単に待ち時間だけでなく、トイレの広さなどのほかの要因も影響しているものと考えられ、女性については身づくろい・化粧などのため滞留時間が長くなることも一因といえよう。

5. 適正器具数の算定方法

5.1 基本的な考え方

適正器具数の算定法に関しては、吉武の α 法[7]をはじめこれまでに種々検討されてきているが、最近筆者らが進めてきた方法・手順[2~5]について概略述べておく。

器具数の算定にあたっては、はじめに次のような要因

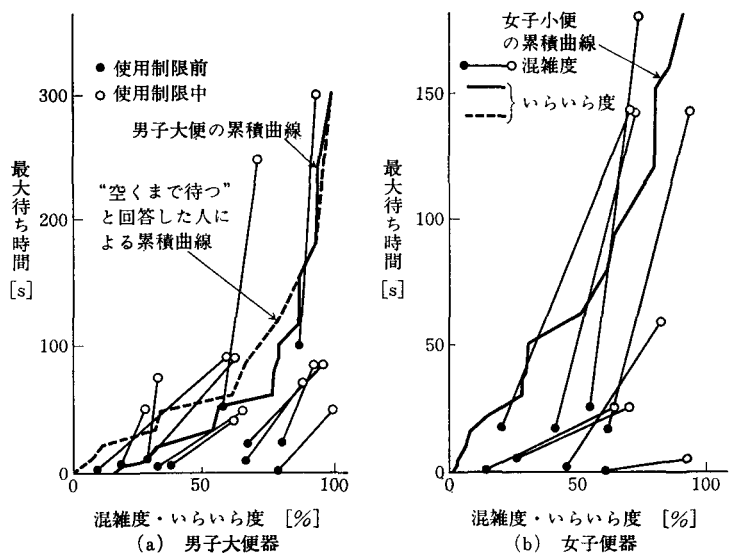


図5 混雑度・いらいら度と最大待ち時間
出典 [図3と同じ]

を明らかにしておく必要がある。

①建物の用途と利用特性、②利用者の人口規模と男女構成、③衛生器具の利用パターン、④サービスレベル

算定モデルの作成にあたってはいろいろ考えられるが筆者らは確率論的モデルとして待ち行列モデルで考えることが多い。ただし、ラッシュアワーなどで到着率が変動する集中利用のある場合、サービスレベルの評価尺度を最大待ち時間とする場合などはシミュレーションによっている。なお、待ち行列理論を適用する場合はモデルとして $M/M/s$ タイプを仮定しているが、実際の器具利用では $M/Ek/s$ のことが多い。しかし、平均到着率、平均占有時間が同じなら、平均待ち時間は占有時間分布が指数分布であるよりアーラン分布の方が短くなるので、占有時間を指数分布で近似することは、器具数を多く見積ることになり、設計上は安全側の値を与えるものと考えている。シミュレーションはモンテカルロ法を用い、器具の使われ方として到着分布、占有時間分布に沿った乱数列を発生させ、経時的な待ちの状態を検討している。

図6に、適正器具数の算定手順を示すが、以上で述べた器具使用のモデル化と併せて待ちの評価尺度をどのようにとるかが問題となる。一般的には、待ち確率、待ち時間、待ち行列の長さなどが考えられるが、すでに示したように、最大待ち時間は利用者の待ちに対する「いらいら度」とある程度対応づけて考えることができ、かつ感覚的にも理解されやすいこともあるので、筆者らは最

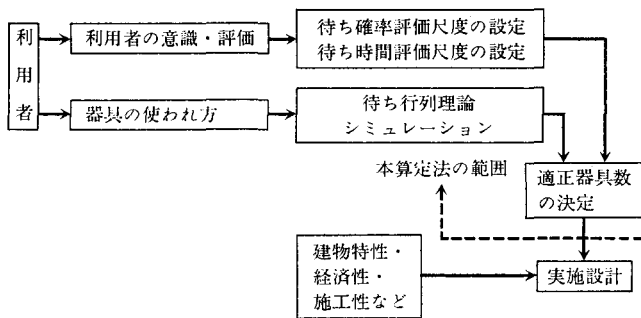


図6 適正器具数の算定手順

出典 [村川：衛生器具の適正個数算定法(4), 空気調和・衛生工学, Vol.58, No.9 (1984)]

大待ち時間あるいは t 時間より長く待つ確率 $p(>t)$ などを用いている。ここで、 t は最大待ち時間と同レベルの値として考える。

5.2 多段階規模算定の考え方

以上述べてきた方法に従い、衛生器具数の適正規模について標準値などを提示する場合、計画設計的な立場から考えるなら、一本化した値ではなく、設計者が与えられた設計条件によって選択できるような幅を持たせることが望ましい。岡田は、最低値と推奨値などの2段階またはそれ以上のレベルを設定した多段階規模算定法の提案をしている[6]。すなわち、利用要求である負荷は一定でなく、その変化に対しサービスレベルを固定しておくのは適切でないとして、負荷およびサービスに対しいくつかのレベルを設定し、この組合せによって算定された値をもとに多段階な規準値を示すべきであると述べている。この場合、組合せは種々考えられるが、施設として機能するには最大の負荷に対して許容できる最低のサービスは確保することが必要である。岡田は、一例として図7のような組合せを示し、破線の組合せは負荷の上限値が現われたときに最低以下のサービスを与えることになるので採用すべきでないとしている。

しかし現状では、このように負荷、サービスレベルとも変化させた組合せを考えることは困難な場合もあり、いずれか一方だけの変化によることも多い。筆者らは、ある程度上限の負荷を設定し、サービスレベルを3段階に変えた検討を行なってきた。

6. 適正器具数の算定例

器具の使用頻度である負荷は固定し、サービスレベルを3段階に設定した器具数の算定例を、紙面の都合上限

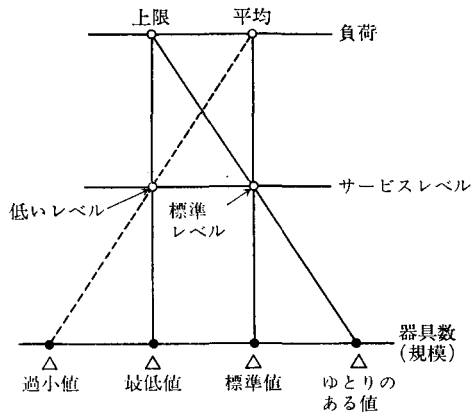


図7 負荷とサービスレベルの組合せ

出典 [岡田：衛生器具の適正個数算定法(2), 空気調和・衛生工学, Vol.58, No.7 (1984)]

定利用形建物は省略し、任意利用形の事務所について示しておこう。

算定に用いた各器具の在館人員と到着頻度の関係および占有時間の条件を表2(a), (b)に示す。なお、男子大便器は在館者の少ない始業前にピークの現われることが多く、表2(a)の関係式をそのまま用いることは過大な値を見積ることになるので在館者の補正を行なっている。

待ちの評価尺度は最大待ち時間とし、表2(c)に示す3段階のサービスレベルを設定した。ここで、男子大・小便器、女子便器について、ほとんど待つことのない「レベル1」の待ち時間は「いらいら度」10%未満に、「レベル2」では30%前後に、「レベル3」では50%前後に相当する。ただし男子大便器では、器具がすべて占有中のときは他の場所へいったり、出直したりする割合が高いことを考慮して、「空くまで待つ」と回答した者だけを対象とした「いらいら度」を用いている。

男子トイレについてシミュレーションによる算定結果を図8に示す。また併せて、福岡湯水での使用制限前、制限中の実例を図中にプロットした。計画設計においてどの程度の評価レベルを選定するかは設計者に委ねられるが、筆者の意見を若干述べておこう。

男子大便器は占有時間が長いので、待ちがほとんど生じないようにすると過大設計となる。そこで実際の利用状況より判断し、混雑時間帯では利用時間や場所の調整がある程度行なわれることを認め、さらに勤務時間帯での利用頻度効率を考えるなら、「レベル3」程度のサービ

表 2 衛生器具数の算定条件 (事務所)

(a) 器具到着頻度 (Y_{60} : 回/60分)

男子大便器	$Y_{60}=0.079X+3.81$
男子小便器	$Y_{60}=0.292X+7.33$
男子洗面器	$Y_{60}=0.336X+12.65$
女子便器	$Y_{60}=0.288X+11.17$
女子洗面器	$Y_{60}=0.440X+17.71$

注) X : 在館人員 (人)

(b) 器具占有時間

	平均占有時間(秒)	分布形 (K : フェーズ)
男子大便器	270	アーラン分布 $K=3$
男子小便器	30	アーラン分布 $K=8$
男子洗面器	20	指数分布
女子便器	90	アーラン分布 $K=3$
女子洗面器	30	指数分布

(c) サービスレベル (最大待ち時間: 秒)

	レベル 1	レベル 2	レベル 3
男子大便器	10	30	60
男子小便器	1	10	30
男子洗面器	1	10	20
女子便器	10	40	90
女子洗面器	1	10	30

出典 [図3と同じ]

スも考えられる。他の器具は男子大便器ほど利用時間帯は限られず頻繁に使われるので、一般的には「レベル2」程度で考えることが妥当であろう。福岡渇水の場合、使用制限に対する利用者の評価は「しかたがない」を含め許容している割合は80~90%に達している。渇水という特殊な状況下とはいえ、許容レベルを考える1つの目安となる。なお洗面器の使用制限は給水停止だけであり、水使用以外として身仕度のため洗面台・鏡などは利用されていることに留意する必要がある。以上を総合して「レベル3」は最低限の必要レベルとして考えている。

7. むすび

本稿では、事務所を例に、実測より得た衛生器具使用頻度・占有時間から成る利用モデルを示し、さらに人びとの待ち時間に対する意識として導入した「いらいら度」をもとに、最大待ち時間を評価尺度とした3段階サービスレベルによる衛生器具の適正個数算定プロセスを紹介した。実施設計ではこれらの算定値をベースにして、さ

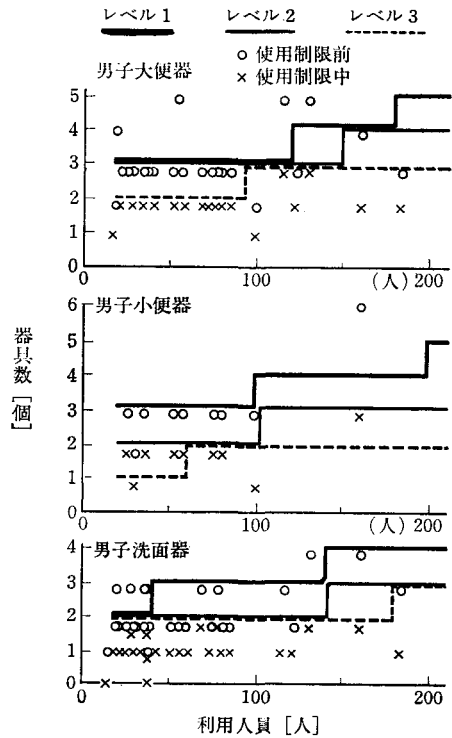


図 8 適正器具数の算定結果 (事務所)

出典 [図3と同じ]

らに建物特性・経済性・施工性などを含めた総合的判断によって決定されることになる。快適性の点からは、利用者の要求に直ちにに応じられるサービスが望ましいが、稀にしか起こらない集中利用に対し、それに対応できる規模を計画することは無駄であり、資源の浪費にもつながる。そこに施設の規模計画が存在する1つのゆえんであるが、人間行動を対象とする場合は負荷の変動性が大きいので設計値にある程度の幅を見込まざるを得ない。現在事務所で使われているトイレを見渡して、本稿で示した算定値の評価をしていただけたらと考える。

なお、トイレの快適性を追求する場合は、本稿で述べた器具数問題のほかに、利用者の行動圏とトイレの配置(集中配置か分散配置)、トイレ内のスペース・雰囲気・衛生・器具性能の問題、さらに音・臭気などの問題を総合的に考える必要のあることを述べておく。

参考文献

[1] 村川三郎: 同時使用確率と設備の規模算定, 建築

- 雑誌, Vol.97, No.1199(1982-10), 39-43
- [2] 村川三郎, 金崎登士巳: 事務所における衛生器具利用者の待ち時間評価と適正器具数の検討, 日本建築学会論文報告集, No.328(1983-6), 83-93
- [3] 村川三郎, 金崎登士巳, 飯尾昭彦, 西田 勝: 児童・生徒の生活行動と施設評価の分析—学校における衛生器具の適正個数算定法に関する研究 その1—, 日本建築学会論文報告集, No.340(1984-6), 61-70
- [4] 村川三郎, 金崎登士巳, 飯尾昭彦: 園児・児童の衛生器具利用実態と適正個数の検討—学校における衛生器具の適正個数算定法に関する研究 その2—, 日本建築学会論文報告集, No.346(1984-12), 132-142
- [5] 村川三郎: 衛生器具の適正個数算定法(3・4), 任意利用形建物における算定法(その1・2), 空気調和・衛生工学, Vol.58, No.8(1984-8), 55-69
および Vol.58, No.9(1984-9), 67-78
- [6] 岡田光正: 衛生器具の適正個数算定法(1・2), 算定法の基礎理論(その1・2), 空気調和・衛生工学, Vol.58, No.6(1984-6), 75-88 および Vol.58, No.7(1984-7), 79-91
- [7] 吉武泰水: 建築計画の研究, 鹿島研究所出版会(1964-12)
- [8] 森村英典, 大前義次: 応用待ち行列理論, 日科技連(1980-2)

新時代のコンピュータ総合誌

定価930円

Computer Today

7月号特集/好評発売中

これがカオスだ! コンピュータがひらく新しい世界1

カオスとは何か	山口昌哉
非線形システムとコンピュータ	上田映亮
アルゴリズムとカオス!?	小林孝次郎
脳の情報処理とカオス	津田一郎
カオスとフラクタル	徳永隆治
ストレンジアトラクター・コレクション	川上 博
カオスを聴く	松本 隆, 小室元政, L.O. Chua
数値計算とカオス	畑 政義
カオスニューラルネット	合原一幸
流れのカオス性と天気予報	住 明正

次号9月号予告

これがフラクタルだ! コンピュータがひらく新しい世界2

月刊誌

数理科学

8月号/好評発売中/定価960円

数値流体力学 乱流への挑戦

数値流体力学の方向	高見頼郎
差分法による流体方程式の数値解法	河村哲也
計算流体力学のための道具	桑原邦郎
航空の数値計算	中橋和博
乱流現象の数値解析	木田重雄
乱流現象の数値シミュレーション	石川克哉
数値地球流体力学 序論	住 明正
さまざまな流体现象の数値シミュレーション	石井克哉編
アンケート『数値流体力学』わたしはこう思う	
	今井 功・巽 友正・佐藤 浩・Frish 他13名

■最新刊

好評発売中

REDUCE入門

パソコンによる数式処理活用法
広田良吾・伊藤雅明共著 A5・定価2300円

▶価格表示は、税込み価格となっています。

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル
☎03(256)1091 振替 東京7-2387