

立命館大学理工学部 正真 山田 淳

1. はじめに

用途別給水については、下水の高度処理による再利用といったかたにすぐ実現化の試みがなされているが、これら給水システムを構成する重要な要素である末端需要の評価の検討については十分でないと思われる。そこでここでは、確率分布を用いた評価の一方法を提示して制御との関連性を述べてみたい。

2. 需要構造の把握

使用用途別の需要を直接支配している要素は、(i)使用頻度、(ii)機器(媒体)の特性、(iii)使用特性の3つに大別できる。そしてこれらの要素は、外乱によって変化し、その結果として需要の移動と圧縮(膨脹)がおこる。いかえれば、需要の時間的場所的分布状態が変わるということである。たとえば、共働き家庭の需要パターンを図-1に示すが、平日と休日とでは、総水量も分布も異なっている。この場合からも、要素のうちの使用頻度が関連している可能性が強いので、さらに加えて使用用途別に外出率との関係を調べてみると、用途によって、外出率の影響に大小あることがわかった。その一例を図-2に示すが、影響の少ない「強い家庭依存型」(例入浴)から、「弱い家庭依存型」(例水洗便所小)、影響の大きい「外出依存型」(例掃除)まで分けられる。ここで外出依存型とは、プール利用などに代表されるように、場所的に移動する場合と、掃除のように圧縮がおこる場合がある。したがって、需要を評価するには、このような外乱の影響を多面的にとらえながら、需要構造を分布として表現し、総合的評価へとおすびつけていく手順が欠かせない。

3. 需要量密度関数

需要量として、単位使用水量をとり、各使用用途別に、実測資料をもとに分布をとると図-3のように3つの型に分類できることがわかった。

(1) 指数型 $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ (1) 用途 飲料・手洗、水洗便所(小)、入浴、洗面、掃除、食事片付け

(2) 正規型 $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$ (2) 用途 水洗便所(大)*、散水、風呂注水*

(3) 一様分布型 $f(x) = 1/x_m$ ($x \leq x_m$) (3) 用途 せんたく、食事準備**
(ランダム型) $f(x) = 0$ ($x > x_m$)

x : 単位水量 $f(x)$: 正規化された密度関数 ($\int_0^\infty f(x) dx = 1$)

*: 分布の相対分散度が小さい ** : 前記分散度が大きい

各用途の分布を概念的に分類したにすぎないが、相対的な分散度からみると、正規型の用途は、分散が少なく、他の型の用途は分散が大きいといった特徴がある。とくに前者は、機器への依存性が高い用途であることが注目される。また、これらの分布を、相互の相関性も考慮しながら合成することによって、一般的な総水量の密度関数と一致するはずであり、実測値の積み上げが要求されている。

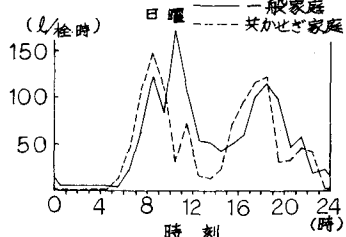
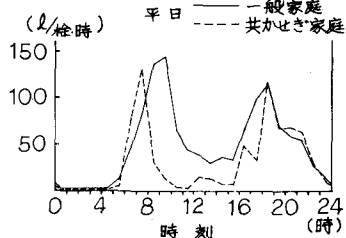


図-1 需要パターンの一例

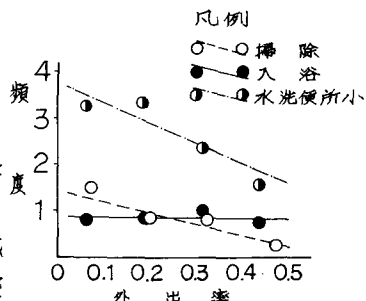


図-2 外出率と使用頻度

4. 分布関数と末端需要の評価

評価に用いるため、密度関数を積分した分布関数 F を次のように定義する。

$$F(x_*) = \int_0^{x_*} f(x) dx \quad (4)$$

$F(x_*)$ は、 x に関する非超過確率をあらわすから、いま、 $F(x_*) = \alpha$ と
おくと、 x_* は、確率 α で需要末端に満足を与える水量と考えることができる。
したがって、水需給の実態と、社会的な判断から、計画取扱いを定める必要が
ある。この α は、何段階かの基準を設け、その基準のどれを採用するかを、実
態を考慮して定め、保証してゆくべきであろう。たとえば、生命レベル($\alpha =$
 0.1)、健康レベル($\alpha = 0.3$)、生活レベル($\alpha = 0.5$)、環境レベル($\alpha = 0.8$)などとし、 $\alpha = 1.0$ は極限レ
ベルとしておく。各用途毎の評価には、次のふたつが考えられる。

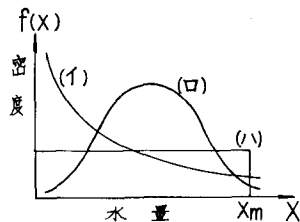


図-3 密度関数の型

α の絶対値で評価する 各用途の不満足度を均等にする方法で、分布関数の特性から、 α の値によって、 x_* への
影響は異なり、抑制効果も違ってくる。たとえば、相対的分散(変動係数など)の大きな用途は、環境レベルの
ように α の大きいところで論じる場合には、 $\Delta\alpha$ に対する Δx_* が大きく、制御の可能性が大きい α 、健康レベル
の場合では逆になるといったことも多く、どのレベルでの制御が目標であるかによって評価が異なる。

限界効用で評価する 分布関数の非超過確率を満足率とすると、需要密度関数は、限界効用曲線とよみか
えることができる。すなわち、あるレベル x_* を基準とし、 $\Delta\alpha$ に対応する Δx_* を求めたとき、 $\Delta x_* \rightarrow 0$ で、
 $f(x_*) = \Delta\alpha / \Delta x_*$ となるからである。 x_* が増加傾向のときは、限界満足となり、減少のときは、限界不
満足となる。したがって、基準点付近の $f(x)$ の値を比較することによって、制御のプライオリティを決めること
ができる。

5. 需要の抑制と用途別給水

一元給水で、各用途毎の広義の制御(規制等も含む)を行なう場合は、次のような方法で行なう。

各用途間に評価の互換性がない場合 各用途間の評価のための特性は、分布関数に表現されているとみて、各
用途一律の α を適用する方法である。この場合は、各用途の不満足は、同じウエイトで評価されている。

各用途間に評価の互換性がある場合 この場合は、限界効用で評価できる。すなわち、ある基準に対して何
かの変化を加える場合、限界効果の高い用途を優先的に制御させるといったもので、たとえば、抑制をする
ときには、限界不満の小さい用途を優先し、増加させるときには、限界満足の高い用途に配分することである。
これは、密度関数の大小で比較できる。この評価法では、用途によって、満足率が異なることになる。

一方、二元給水の場合には、水質的に異なった水が供給されるので、系統毎に異なった基準 α_1, α_2 を与える
必要がある。したがって、密度関数も変わってくる可能性がある。

6. おすび

評価の基本となる密度関数の作成と普遍性が問題となる。理想的には、料金、施設などの制約条件を取り除き
需要者側のみの価値体系で密度関数を作成することは、実現値を基本データとするアプローチからい
えば、かなり困難である。また、抑制の幅 $\Delta\alpha$ などが設定された場合にも、それを具体化するための、機器・装置開発に関する
技術的、経済的可能性も必要である。技術的、経済的制約が、満足率 α の決定にまでフィードバックしてしまう恐
れも十分考えられる。現状、1. から 6. に至る一連の考え方について、実現値を用いて検証中である。

<参考文献>

- 末石、山田；用途別給排水に関する基礎的研究，土木学会年講，昭和44年
- 末石蜀太郎；用途別給水計画の研究，水道協会雑誌，No. 436，昭和46年
- 山田 淳；上水需要の実態調査と抑制策，全国水道研究発表会，昭和48年