重み付き差分に基づくバイアス因子法

Bias factor method based on weighted difference

*竹田 敏[1]，北田 孝典[1]，小池 啓基[2]，左藤 大介[2]，竹田 敏一[3]
[1]大阪大学，[2]三菱重工，[3]福井大学

実験値と計算値の相対差に重み係数を乗じてターゲット炉心のバイアス因子を求める手法を検討した。

キーワード：バイアス因子法

1. 基本的な考え方

核特性の計算値をR^c、核特性の実験値をR^eとすると、バイアス因子fはR^e/R^cで求まる。ここで、真値をR^t、感度係数をS、手法誤差をΔM、実験誤差をΔEとすると、実験iに対してバイアス因子fは式(1)のとおり表現できる。

$$f_i = \frac{R_i^e}{R_i^c} = \frac{R_i^t(1+\Delta E_i)}{R_i^t(1+S_i\ \Delta\sigma+\Delta M_i)} \fallingdotseq 1+\Delta E_i - S_i\ \Delta\sigma - \Delta M_i \quad (1)$$

本手法は、バイアス因子の 1 からのずれ、つまり実験値と計算値の相対差が、式(1)に示されるように実験誤差、計算誤差、核データに起因する誤差で表現できることに着目する。

手法の理解のため、核反応αの核データに起因する誤差 A が生じる実験 1、核反応βの核データに起因する誤差 B が生じる実験 2、核反応αの感度が実験 1 の X 倍であり核反応βの感度が実験 2 の Y 倍となるターゲット炉心を想定する。この場合のバイアス因子を図 1 にまとめる。図 1 に示すとおり、ターゲット炉心の理想的なバイアス因子は 1+ AX+ BY となる。重み付き差分に基づくバイアス因子法は、実験 1 および実験 2 のそれぞれに対して重み係数を与え、バイアス因子の 1 からのずれ(実験値と計算値の相対差)に対して重み係数を乗じ、その値の和に 1 を加えることでバイアス因子を作成する手法である。実験 1 の重みを C_1 、実験 2 の重みをC_2 とすると、$C_1 = X$ かつ$C_2 = Y$とすることで、核データ起因の誤差分を考慮したバイアス因子を作成することができる。ただし、重み係数は実験誤差および計算誤差にも乗じられるため、これらの誤差もふまえる必要がある。

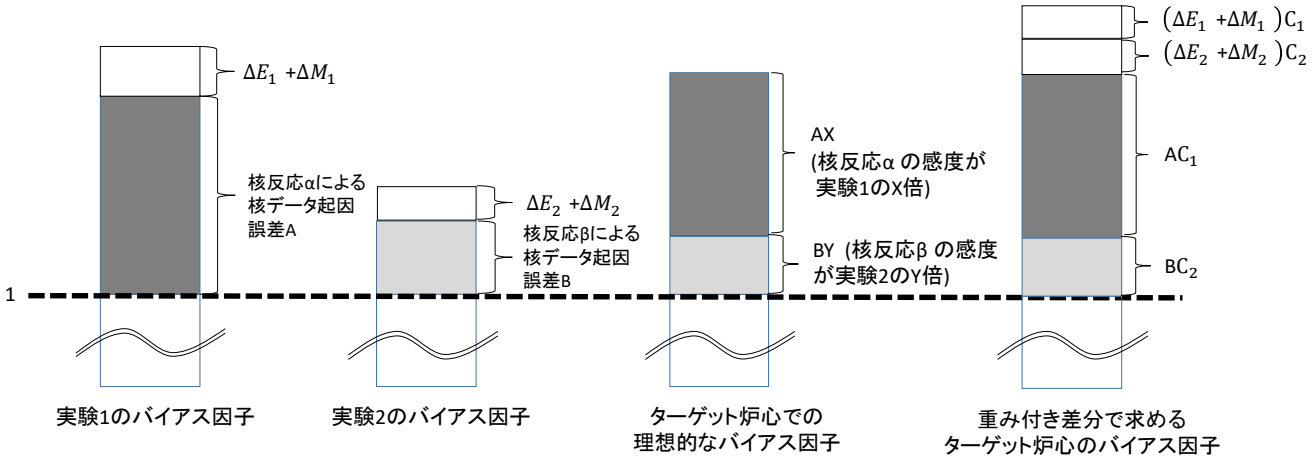

図 1　2 つの実験を用いるバイアス因子

2. 理論

重み付き差分に基づくバイアス因子法を用いると、ターゲット炉心tの設計値R_t'は式(2)で示される。

$$R_t' = R_t^c\left(1+\sum_{i=1}^{N} C_i\ \frac{R_i^e - R_i^c}{R_i^c}\right) \fallingdotseq R_t^t\left(1+\left(S_t\ -\sum_{i=1}^{N} C_i\ S_i\right)\Delta\sigma + \Delta M_t\ +\sum_{i=1}^{N} C_i\ \Delta E_i\ -\sum_{i=1}^{N} C_i\ \Delta M_i\right) \quad (2)$$

式(2)では、$(S\Delta\sigma)^2 = 0,\ \Delta M^2 = 0,\ S\Delta\sigma\Delta M = 0,\ S\Delta\sigma\Delta E = 0,\ \Delta M\Delta E = 0$とする近似を用いている。なお、式(2)の右辺は拡張バイアス因子法と同じ表現となるが、拡張バイアス因子法では本手法で用いる近似に加えてΔE^2=0 の近似を用いることに違いがある。このため、拡張バイアス因子法と比較すると、本手法は$S\Delta\sigma$、ΔMが 1 よりも十分に小さければΔE^2が有意な値でも適用できる手法といえる。重み係数C_i を求める方法の一例としては、設計値の分散を最小化する方法が考えられる。

*Satoshi Takeda[1], Takanori Kitada[1], Hiroki Koike[2], Daisuke Sato[2], Toshikazu Takeda[3]

[1]Osaka Univ., [2]Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., [3]Univ. of Fukui.