

I-414

フィルタを用いた構造物の物性値の同定

日本大学 学生員 増田 崇治

日本大学 正会員 塩尻 弘雄

日本大学 正会員 鈴村 順一

1. まえがき

既設構造物の合理的な保守・補修に当たって、対象構造物の状態把握が重要である。構造物の状態把握のための検査法としては、直接的、間接的を問わず様々な手法が開発されているが、既設構造物に対して損傷を与えることなく状態を把握する手法が望ましいと考えられる。

ここでは、梁構造物を対象として、各部の剛性の同定を行うものとし、拡張カルマンフィルタ理論を基に、状態ベクトルの共分散行列の扱いを変化させ、それらの解析結果への影響について検討した。

2. フィルタの定式化

同定問題における拡張カルマンフィルタの基礎式は次式によって示される。

$$\{x_{t+1}\} = \{x_t\}$$

$$\{y_t\} = \{h_t(\{x_t\})\} + \{v_t\}$$

ただし、 $\{x_{t+1}\}$: 状態ベクトル ($n \times 1$) $\{v_t\}$: ガウス白色観測ノイズ ($p \times 1$)

$\{y_t\}$: 観測ベクトル ($p \times 1$) $h_t(\{x_t\})$: 観測関数 ($p \times 1$) である。

ここで、本研究における状態ベクトルは構造物を構成する材料のヤング率とする。

本研究においては有限要素法による既知弾性問題の順解析を基に同定アルゴリズムを作成した。ここで有限要素法にカルマンフィルタ理論を埋め込むために、非線形関数 $h_t(\{x_t\})$ が滑らかであるという仮定をもとに次式に示すような感度行列 $[H_t]$ を作成した。

$$[H_t] = \left[\frac{\partial h_t}{\partial x_t} \right] = [K^{-1}] \left(\frac{\partial}{\partial x_t} [K] \right) [K^{-1}] \{F\}$$

ただし、 $[K]$: 有限要素法正弾性問題における剛性行列

$\{F\}$: 有限要素法正弾性問題における荷重ベクトル である。

3. 計算条件

解析条件として与えられる状態ベクトルの共分散行列の扱いを下記のように変化させ、同定計算の収束に及ぼす影響について検討した。

- 通常のカルマンフィルタを用い、各Global Iterationにおいて更新された状態ベクトルの共分散行列を用いる場合
- 通常のカルマンフィルタを用い、各Global Iterationの最初に状態ベクトルの共分散行列を初期値に戻す場合
- カルマンフィルタのアルゴリズムのなかの状態ベクトルの共分散行列の更新を行わない場合

解析対象モデルとして、梁構造物を用いた。その梁構造物に対して、各要素における材料物性（ここではヤング率）を仮定し、仮定されたモデルに対して載荷状態を計算し、その計算値を観測値として用いた。解析モデルならびに、載荷条件、計算条件を図1、表1、2に示す。

4. 解析結果

図2に解析結果を示す。この結果から、正解の標準偏差内に収束するものはbの解析方法による同定である。また、工学的には問題視しないほどの微少な範囲で振動していることから、収束と仮定して使用するならば、cの方法の収束もbに比べ遜色はない。特に観測値の誤差の混入によっては、カルマンフィルターの

特性である観測情報に則した同定という部分が全くマイナスの方向に働いてしまう可能性がある。このような場合に、事前情報をカルマンフィルタの基本よりも少し重視したような方法であるbの方法や事前情報をかなり重視したcの方法などでは、マイナスの働きに対して抑制する働きを示している。しかし、正確な解に収束するのはaの方法である。特に、対象となる構造物の自由度が多くなる場合には、このような方法が有効であるといえる。

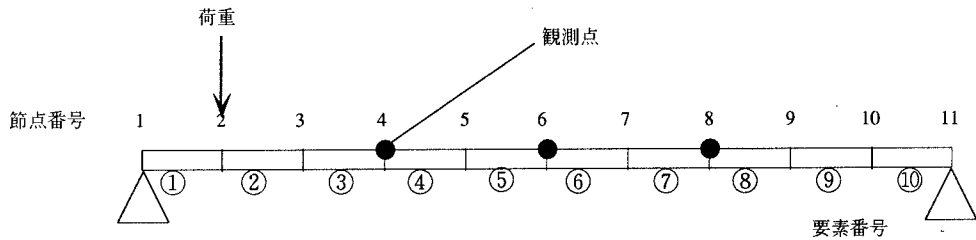


図1 解析モデル図

表1 载荷条件

	载荷位置	荷重量 (kg)	観測点数	観測位置
1	2	500	3	4,6,8
2	4	500	3	4,6,8
3	6	500	3	4,6,8
4	8	500	3	4,6,8
5	10	500	3	4,6,8

表2 計算条件

状態ベクトルの初期値	2.60e05	kg/cm ²
〃 の初期共分散行列	5.65e10	kg ² /cm ⁴
観測誤差ベクトルのオーダー	2.00e02	mm
観測誤差ベクトルの初期共分散行列	1.00e02	mm ²
*) case a,b,cにおいて同じ条件を使用		

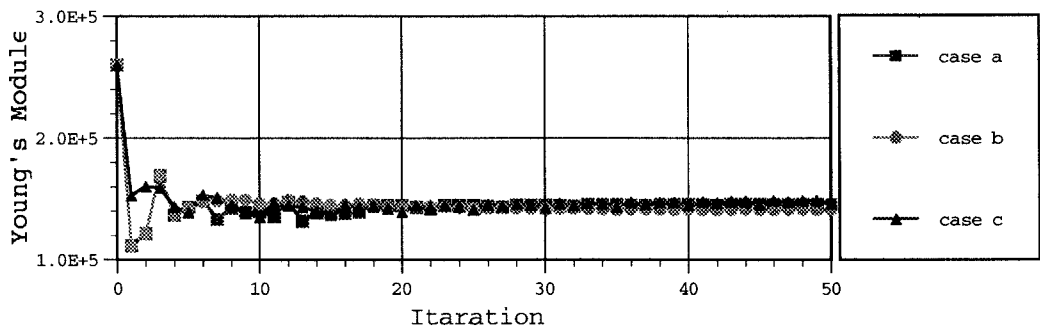


図2 解析結果

5. 結論

状態ベクトルの共分散行列の扱いを変更することにより、収束性を検討した。カルマンフィルタ等では計算パラメータとなる状態ベクトル誤差共分散行列の大きさによって収束の速度が左右されてしまうことが分かっている。今後は、カルマンフィルタ等でのこういったパラメータの効率よいコントロールの方法について検討を行う予定である。

参考文献

- 星谷他；データ解析と応用 カルマンフィルタを中心として 鹿島出版会
 登坂他；新フィルター境界要素法による未知欠陥の同定解析 境界要素法論文集第10巻（1993）