

逆解析とその応用

■ 逆解析とは？

逆解析とは逆問題の解析を指す。逆問題とは「原因から結果を導く普通の因果律とは逆に、結果から原因を推定する」ものを言う。数学や工学の広い領域で関心が持たれ、研究の広がりを見せている。

■ どのような応用があるか？

具体的には X 線 CT、超音波診断を始めとする事例に見られるように、「割ったり壊したりしないで、中の様子を知る」ことなどの応用が知られている。こうした医療用以外に土木工学でも多くの例があるが、例えばトンネルを施工する間の内空変形を観測して、次段階の施工に反映させるといった「情報化施工」に用いられる。報告者は、一般の事象を説明するモデルのうちあらかじめ知ることのできないパラメータなどについて、観測値からこれを推定する計算手段（逆解析法）を研究している。

特に制御理論である「カルマンフィルタ」を用いた逆解析法（カルマンフィルタ有限要素法）を研究し、広い分野で応用されている。最近では、カルマンフィルタを発展したアンサンブルカルマンフィルタにより数値解析（シミュレーション）と観測を統合させる「データ同化」（注）を地盤工学に導入することを計画している。

上記の逆解析法の開発と応用に関する研究に対して、(社) 農業農村工学会（旧農業土木学会）沢田賞を平成 19 年 8 月 28 日に受賞した：受賞対象業績「逆解析手法の開発普及を通じた造構学発展への貢献」。

沢田賞は京都大学第 20 代総長・沢田敏男先生が平成 17 年度文化勲章を受章されたのを記念して創設された学会賞部門で「農業農村に関する科学技術によって新しい分野の発展に寄与したと認められる業績をあげた正会員」に授与される。授賞理由は別紙による。

【注】地球規模の複雑な現象の高精度予測のために、時空間観測・計測データと最先端の大規模なシミュレーションモデルを統合し、適切な初期値・境界値やパラメータ等を実際の現象をなるべく再現するように決める作業がデータ同化である（科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業：研究領域「シミュレーション技術の革新と実用化基盤の構築」、研究課題「先端的データ同化手法と適応型シミュレーションの研究」（研究者代表・樋口知之統計数理研究所教授）Web site より引用）。

平成 19 年度沢田賞選考経過報告

沢田賞選考委員会

沢田賞選考委員会において授賞規程および細則に則り、各案件について熱心かつ慎重な意見交換の後、3件が選考され、平成 19 年 5 月 10 日開催の第 201 回理事会において、3 件の業績を沢田賞として決定した。

〔沢田賞〕

逆解析手法の開発普及を通じた造構学発展への貢献

村上 章

村上章氏は、構造物の設計～挙動計測の循環の中で、Kalman フィルタが有効に活用できることに着目し、逆解析問題の解決に Kalman フィルタに有限要素法を組み込む方法を開発した。この「カルマンフィルタ有限要素法」と名付けた逆解析法は、ダム等構造物の計測データを元に将来の挙動予測等を行うものである。逆解析は、地盤工学のみならず、構造工学、舗装工学、地震工学など土木工学の分野はもちろん、機械、建築など工学の広範な分野で用いられ、急速な発展をとげた。同時に国外にあっては、欧米諸外国の学位論文や多くの国際論文誌掲載論文に引用されるとともに、工学における逆問題の代表的教科書にも氏の業績に関する記述が見られる。村上氏が研究の総括としてまとめた業績「カルマンフィルタによる逆解析法の開発と施工管理への適用に関する研究」に対し、平成 7 年度土木学会論文賞が授与された。また、氏は地盤工学会で活躍し、平成 18 年「地盤工学会功労賞」と「地盤工学会事業企画賞」を受賞している。

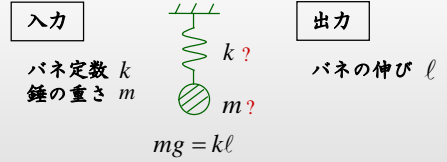
氏は、農業土木以外の分野で業績を認められた数少ない研究者の一人であり、一連の基礎研究に関する業績は、農業土木学の発展に貢献するところ真に大きなものがり、沢田賞に値すると思量した。

逆解析手法の開発普及を通じた 造構学発展への貢献

岡山大学大学院環境学研究科
村上 章

逆問題とは?

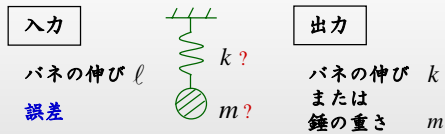
順問題



逆問題

観測：バネの伸び \rightarrow バネ定数/錘の重さ

逆問題の基本的問題



非適切性 (Ill-posedness)

- 存在性** 解が存在すること
- 一意性** 解がただ一つあること
- 安定性** 入力に微小な変動を与えたときに、出力の変動も微小であること

偏微分方程式の逆問題

偏微分方程式+初期条件や境界条件 (あるいはその両方)
 \rightarrow **一意な解**: 偏微分方程式の定義領域、係数、初期データ、境界データに依存

各種の非破壊検査や探査: 上記どれか一つまたはその一部が未知

検査や探査により得られる解の様々な情報を用いて、それらの情報に含まれる未知なるものを求める問題 **逆問題**

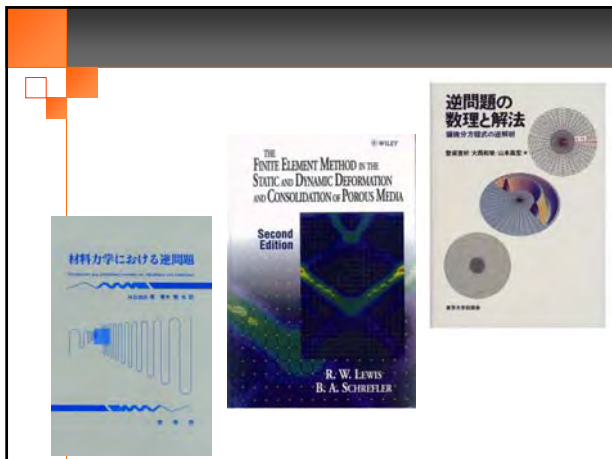
元の偏微分方程式が線形/適切でも、
その逆問題はしばしば非線形/非適切

逆問題を解く手段 (逆解析法)

- 最小二乗法
- 最尤法
- ティホノフの適切化法
- ベイズ法
- カルマンフィルタ

カルマンフィルタ+有限要素法





外国での学位

ミラノ工科大学 デルフト工科大学
 エントホーフェン大学 シンガポール国立大学
 インスブルック大学 カリフォルニア大学

適用事例

山留め 情報化施工
 トンネル
 地下水流況
 沈下予測
 欠陥同定
 構造物の動特性同定

今後の展開

Ensemble Kalman filter

データ同化：物理数値シミュレーションと実際の観測を統合する方法
 気象学・海洋学

Unscented Kalman filter

非線形状態式／観測式に関する推定精度の向上