

リアルタイム河川水位予測技術 カオス理論に基づく非線形時系列予測

発表者：(株)構造計画研究所
事業開発部気象防災ビジネス室
戸井 隆

【お問い合わせ先】 Mail: weather@kke.co.jp TEL: 03-5342-1533

カオス理論に基づく水位予測：従来手法との比較

- 東京大学と「未来の複雑社会システムのための数理工学」にて共同開発
 - 合原一幸 教授 最先端数理モデル連携研究センター長
 - 2016年、構造計画研究所と東京大学生産技術研究所との連携により設置

	従来手法 (物理モデル)	人工知能手法 (AIモデル)	本手法 (カオス理論)
流量観測、現地調査、H-Q式構築	必要	不要	不要
レーダ雨量、潮位、ダム、融雪等の影響因子反映	難解	容易	容易
モデル構築時間	長い	短い	短い
予測計算時間	長い	短い	短い
物理的解釈	可能	不可能	不可能ではない
効果的な適用先	・メカニズム解析 ・河川整備計画	・リアルタイム予測 ・防災利用	・リアルタイム予測 ・防災利用
必要なデータの種類・量	多い	多い	少ない
解析理論	物理理論	数理最適化	カオス理論

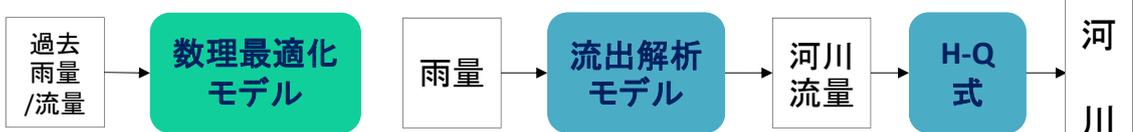
土木研究所, JFEエンジニアリング: 土研新技術ショーケース2010講演資料

カオス理論に基づく水位予測：入力因子と計算手順

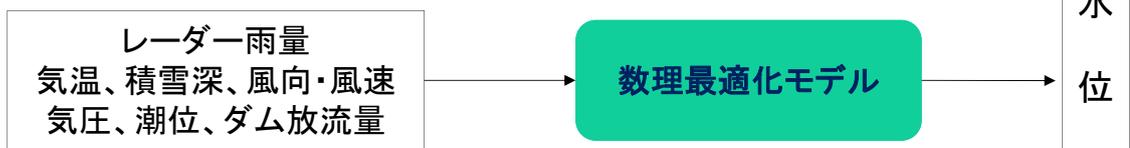
従来手法(流出解析)



従来手法(パラメータフィッティング+流出解析) (松本ほか, 2015. 宮本ほか, 2015)



人工知能 (渡辺ほか, 2009)



本手法(カオス理論)

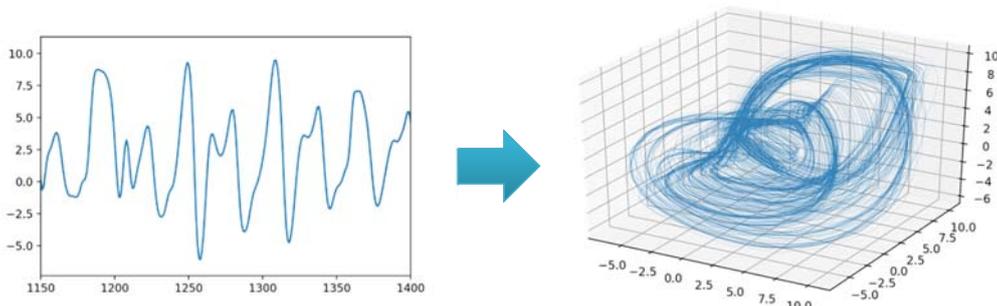


予測原理：「埋め込み定理」に基づく状態の再構成

- 対象: システム(力学系)に従って生成されている時系列データ
 - cf.) 運動量保存則、質量保存則 ⇒ 降雨流出過程
 - 降雨流出は複雑な過程だがシステム(力学系)に従っている現象

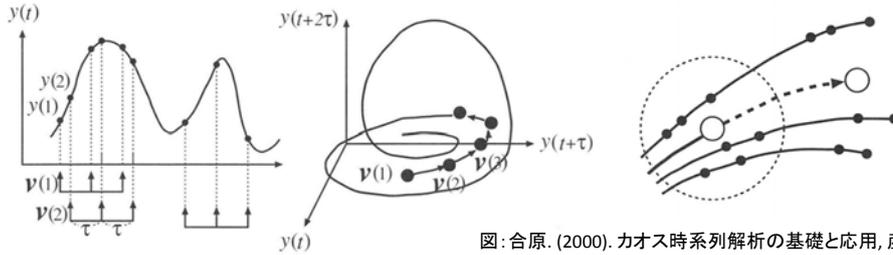
Takensの埋め込み定理(1981)

- 時系列を十分大きな次元で「埋め込む」と、元のシステムを再構成可能
時系列データを幾何的に解釈しアトラクタを再構成する



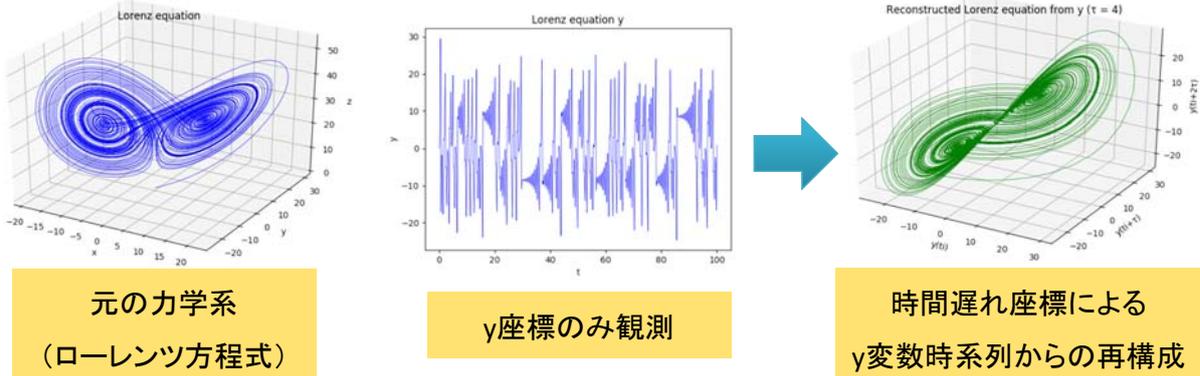
予測原理：「埋め込み定理」に基づく状態の再構成例

- 時間遅れ座標による1変数時系列からのアトラクタ再構成と予測



図：合原. (2000). カオス時系列解析の基礎と応用, 産業図書株式会社

- ローレンツ方程式のストレンジアトラクタと再構成例



元の力学系
(ローレンツ方程式)

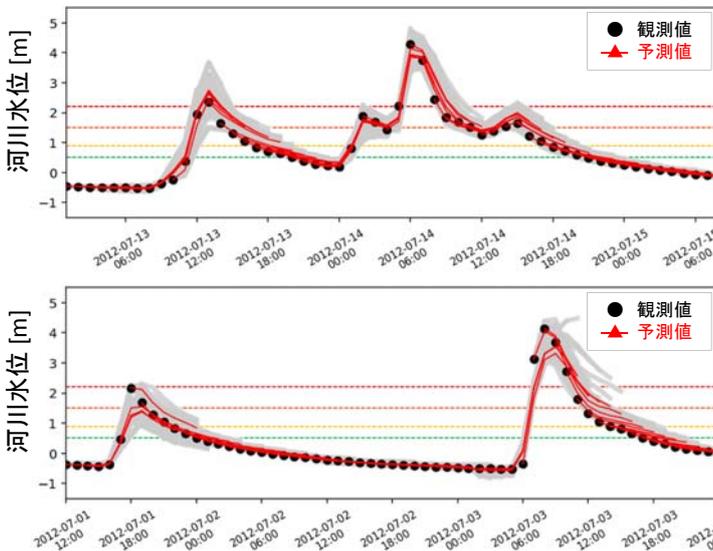
y座標のみ観測

時間遅れ座標による
y変数時系列からの再構成

カオス理論に基づく水位予測：6時間後予測事例(H24)

平成24年7月九州北部豪雨 筑後川水系花月川における観測史上最高水位
学習データ：2001年1月～2012年7月の水位・降雨量データ

河川水位の6時間後予測

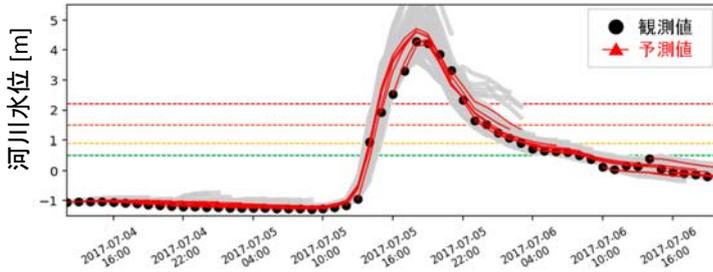


✓ 1時間で急激に水位が上昇している時点は過小評価気味

カオス理論に基づく水位予測：6時間後予測事例(H29)

平成29年7月九州北部豪雨 筑後川水系花月川における観測史上最高水位
 学習データ: 2001年1月～2017年7月の水位・降雨量データ(52洪水分※)

河川水位の6時間後予測



- ✓ 平成24年から実施された河川改修(*)を経て、平常時水位が低下
- ✓ 予測結果では、河道断面が広がる前の学習データの影響により洪水時の水位上昇を過大評価しているが、改修後の学習データが増えることで解消が期待される

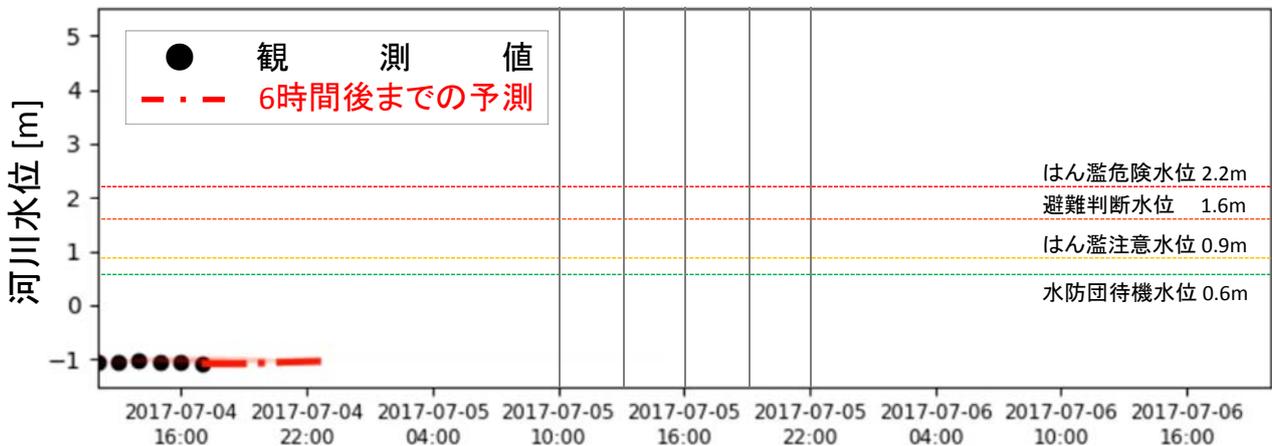
*5年間の改修概要
 築堤(川幅を部分的に1.5倍)
 河道掘削(高水敷を約2m切り下げ)
 橋梁架替、固定堰の撤去等(河道断面の拡大)

※当該地点に関しては同等の予測結果が、6洪水程度の学習で得られることを確認

カオス理論に基づく水位予測：予測イメージ

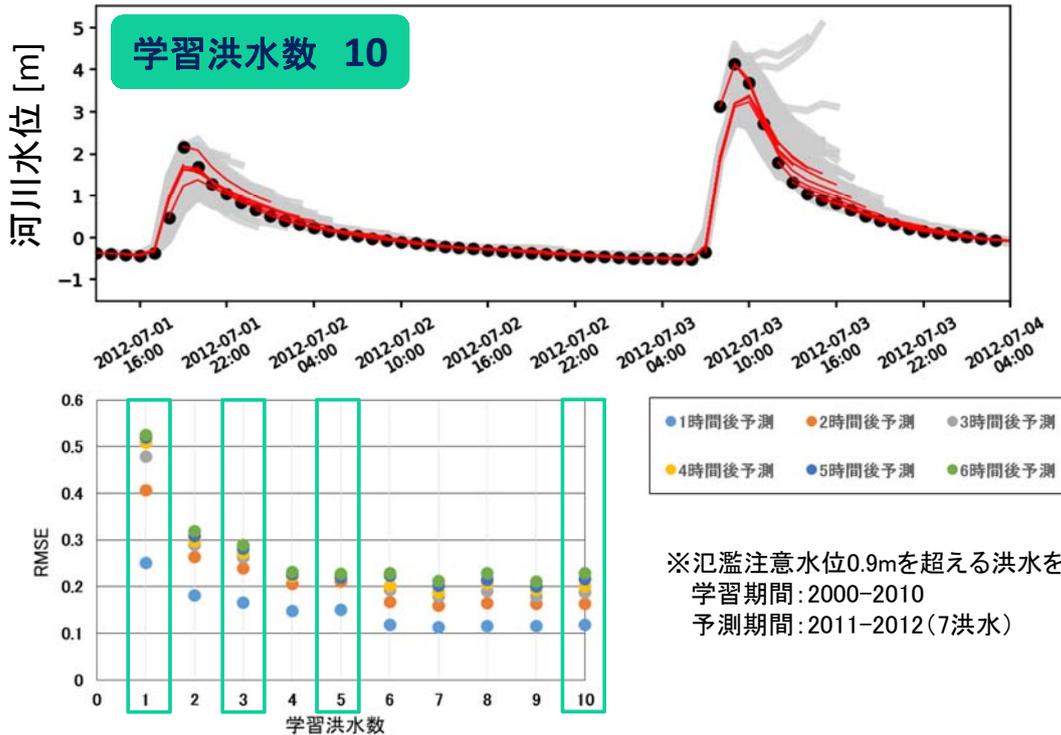
平成29年7月九州北部豪雨 筑後川水系花月川における観測史上最高水位

予測イメージ動画



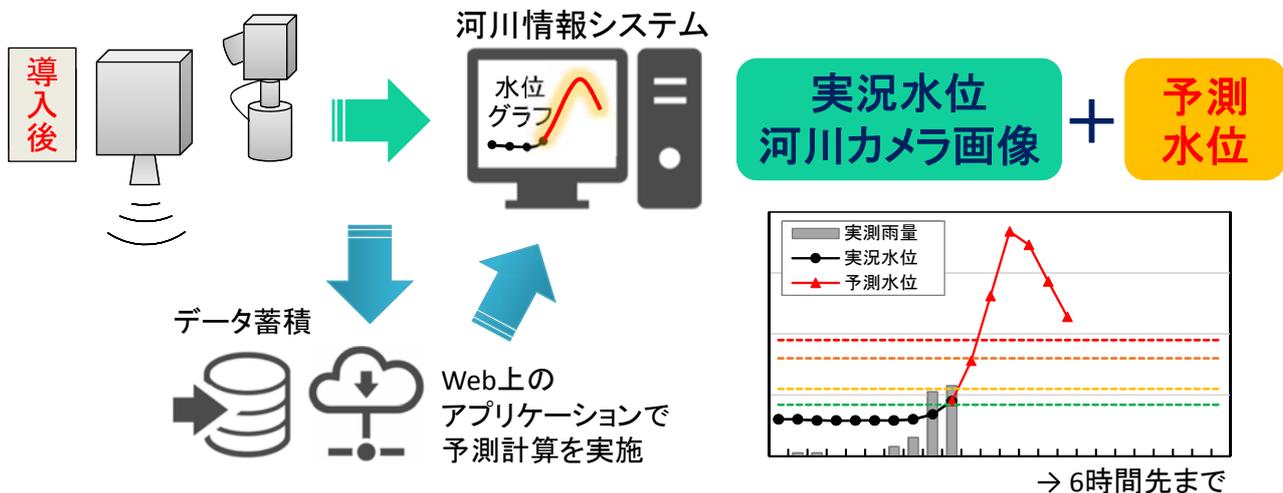
カオス理論に基づく水位予測：過去洪水数と精度

- 花月では少ない洪水イベントの学習で予測精度が向上



カオス理論に基づく水位予測：活用案

- 自治体等の洪水時の対応に予測水位を活用
 - 豪雨時の(中小)河川の氾濫危険性が数時間前に具体的に確認
 - 判断基準水位超過前に予測、避難勧告・指示の発令判断のサポート
 - 避難勧告・指示発令精度の向上
 - 災害対応体制の事前準備
 - 住民の避難行動の促進



カオス理論に基づく水位予測：効果

- 避難勧告・指示発令精度の向上により
 - 適切な災害体制による現場職員の負担軽減
 - 避難所開設等の費用の低減
 - 避難勧告等の空振りの減少による信頼性の向上（避難行動の促進）
- 避難判断水位、氾濫危険水位を超過する（おおよその）時間の把握により
 - 余裕を持った災害対応体制発動の準備
 - 避難周知活動の準備が可能

カオス理論に基づく水位予測：課題・発展性

- 現場導入する上での課題
 - 実証事例が少ないため、検証が不十分
 - ゲリラ豪雨など短時間で水位が上昇するような事例の雨量、水位データ等の入手が必要
 - 解析雨量の取り込み方法の検討
 - 観測雨量と水位から予測モデルの精度が上がらない場合は、地上雨量だけでは不十分であるため、面的なデータである気象庁の解析雨量等の活用が考えられる
- 今後の技術の発展性
 - 渇水予測、ダム管理等への応用