

時空間インパルス応答関数を用いた 水波予測の実験的検証

大阪大学 清水俊孝

大阪大学 箕浦宗彦

研究背景

- 定常的、過渡的なあらゆる波を推定することは水槽実験において重要である
- 時間領域インパルス応答関数は時間的な因果律を満たさない

→ より正確な波予測が求められる

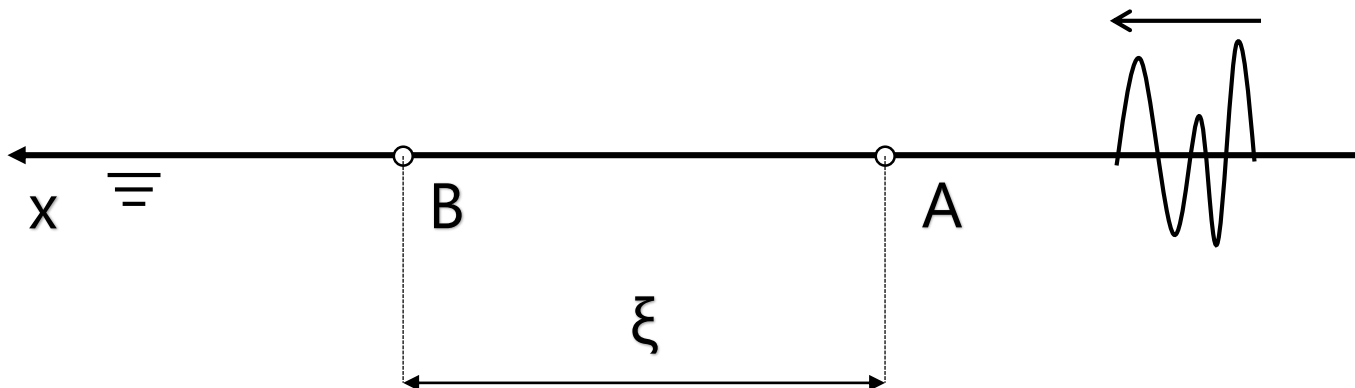
因果律の影響を抑え、実用的な波予測
及び造波の技術を確立する

時間領域フィルタ（既存）

$$z(t|x_B) = \int_{-\infty}^{\infty} h_t(\tau|\xi) z(t - \tau|x_A) d\tau$$

積分領域に負の領域を含む

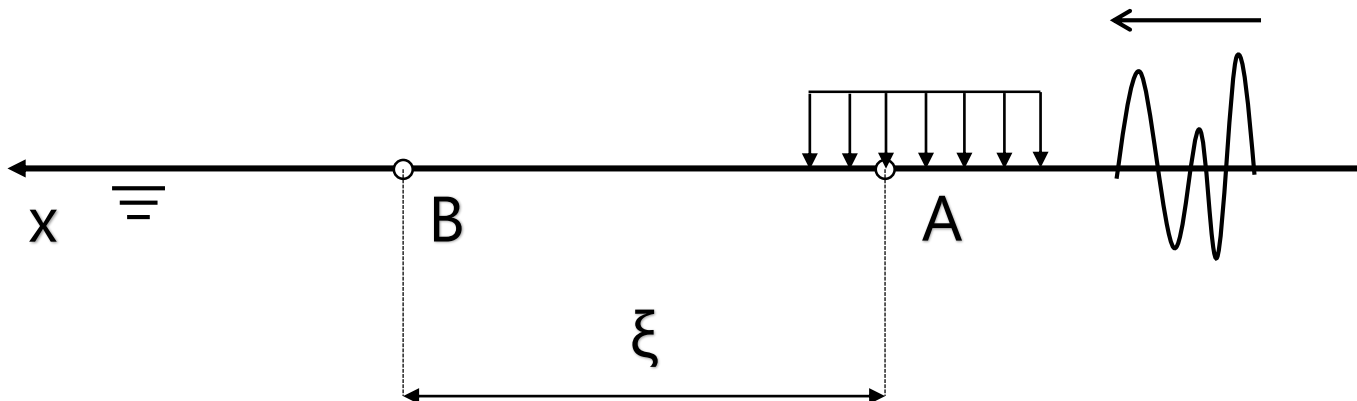
因果律を満たしていない



時空間領域フィルタ（新規）

$$z(t|x_B) = \int_{-\infty}^{\infty} h_t(\tau|\xi) z(t - \tau|x_A) d\tau$$

$$z(x|t_2) = \int_{-\infty}^{\infty} h_x(\xi|\tau) z(x - \xi|t_1) d\xi$$



水波のインパルス応答関数

水波の周波数応答関数

$$H(k, \omega | \xi, \tau) = e^{-ik\xi} e^{i\omega\tau}$$

分散関係式（無限水深）

$$\begin{aligned}\omega|\omega| &= kg \\ \omega &= \text{sgn}(k) \sqrt{|k|g}\end{aligned}$$



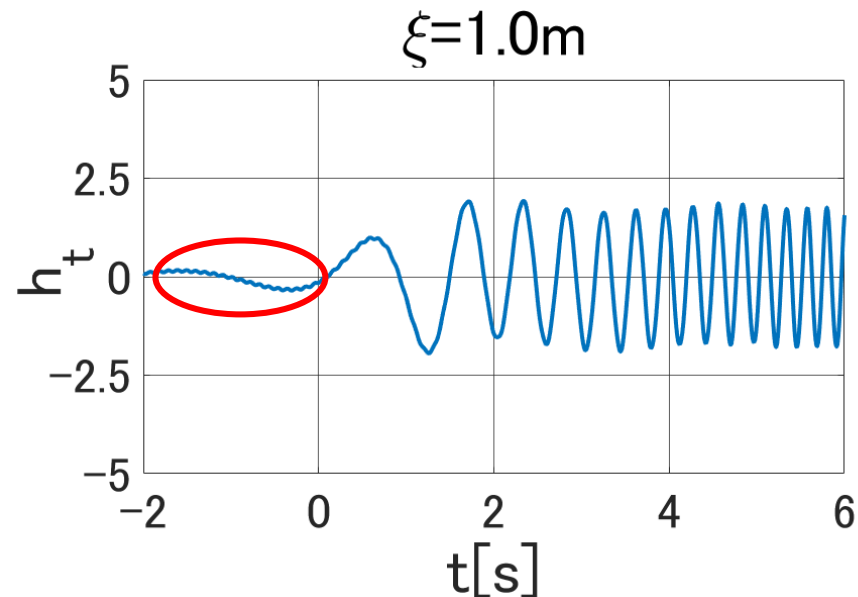
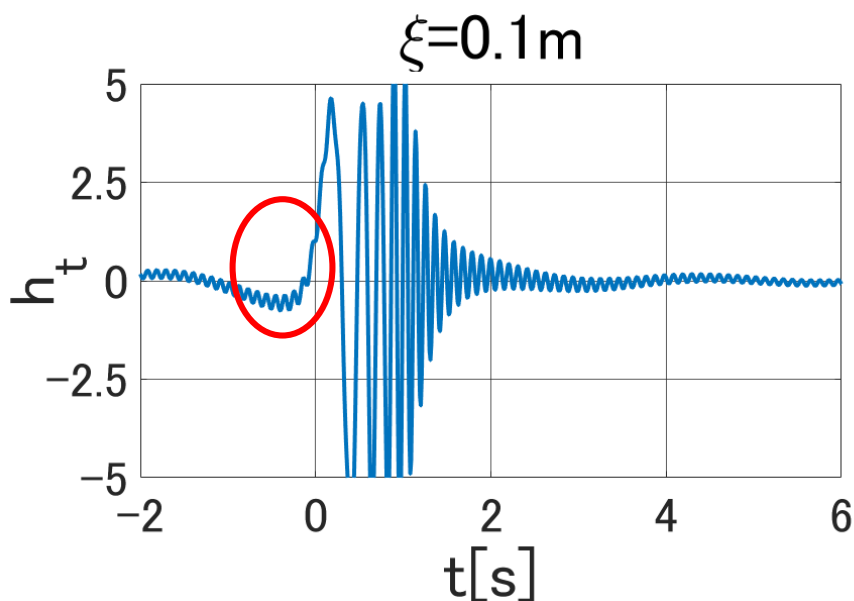
インパルス応答関数

$$h(t|\xi) = \frac{1}{\pi} \int_{\omega_b}^{\omega_c} \cos\left(\frac{\omega|\omega|}{g} \xi - \omega t\right) d\omega$$

$$h(x|\tau) = \frac{1}{\pi} \int_{k_b}^{k_c} \cos\left(\text{sgn}(k) \tau \sqrt{|k|g} - kx\right) dk$$

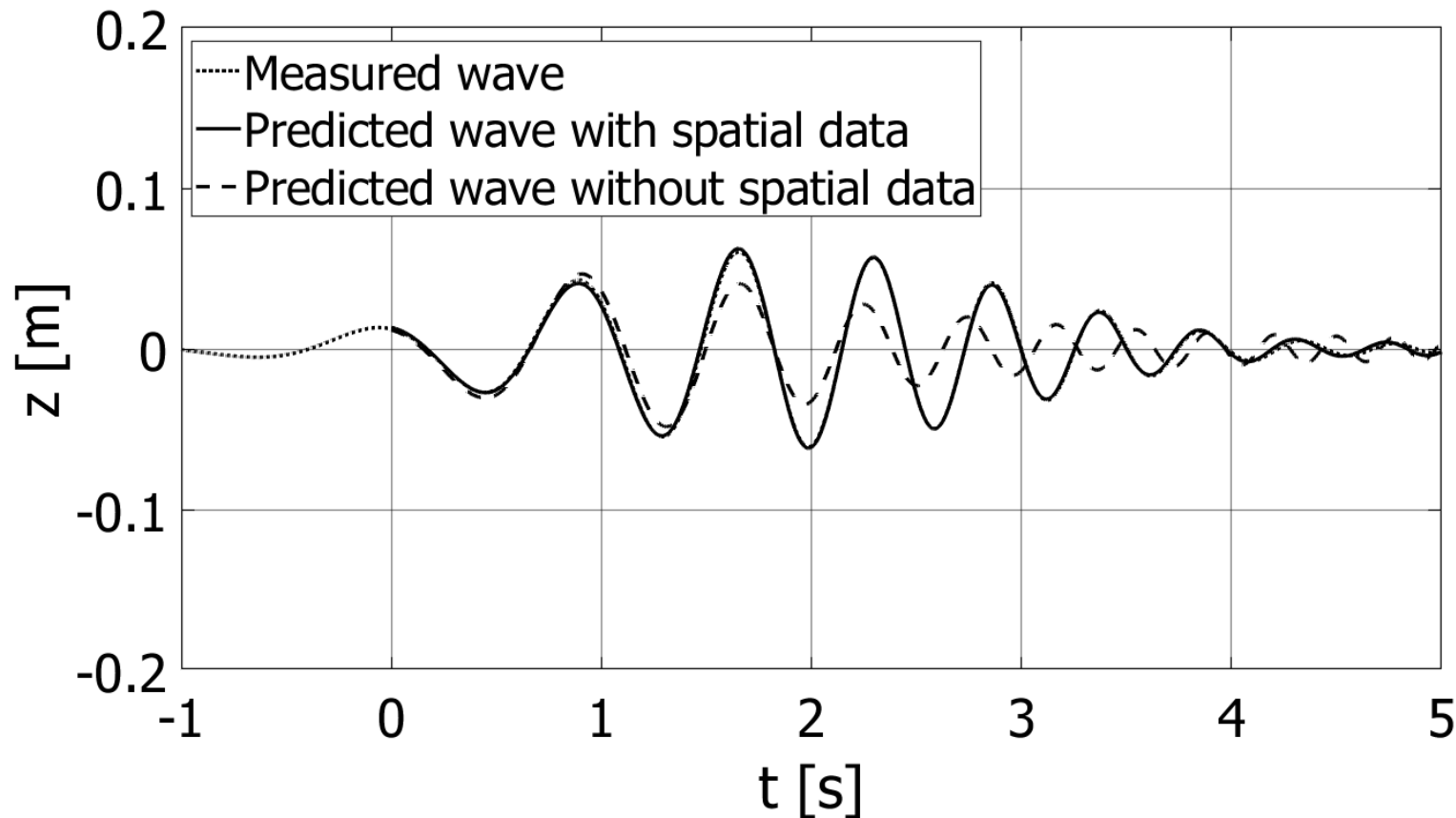
時間領域インパルス応答関数

$$h(t|\xi) = \frac{1}{\pi} \text{Re} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi g}{i\xi}} e^{i\frac{g}{4\xi}t^2} \left\{ \text{erf} \left(\frac{\frac{1}{2}t - \frac{\omega_c}{g}\xi}{i\sqrt{i\frac{\xi}{g}}} \right) - \text{erf} \left(\frac{\frac{1}{2}t - \frac{\omega_b}{g}\xi}{i\sqrt{i\frac{\xi}{g}}} \right) \right\} \right]$$



$t < 0$ の領域で $h_t \neq 0$

数値シミュレーション（過渡水波）



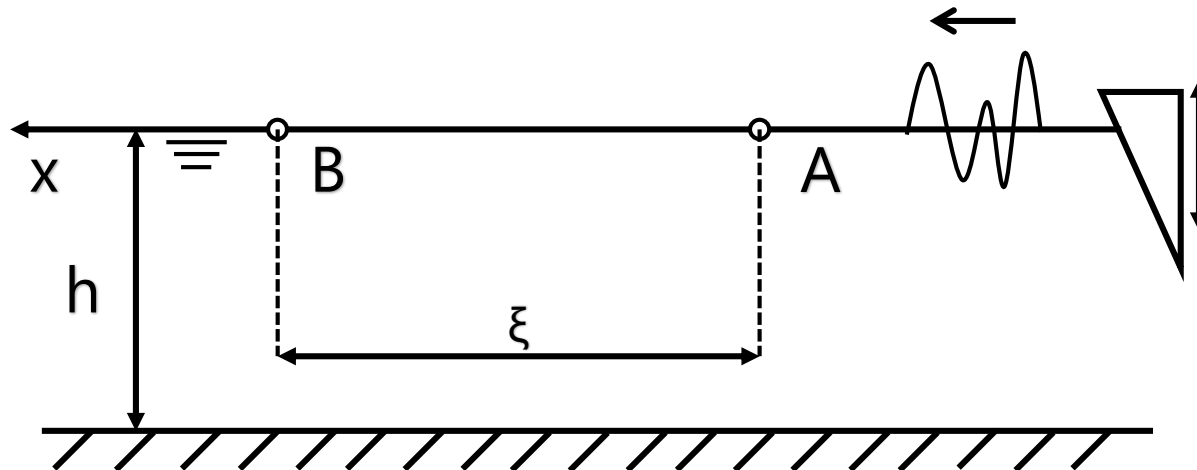
空間情報が波変位に強く影響

周波数応答の検証

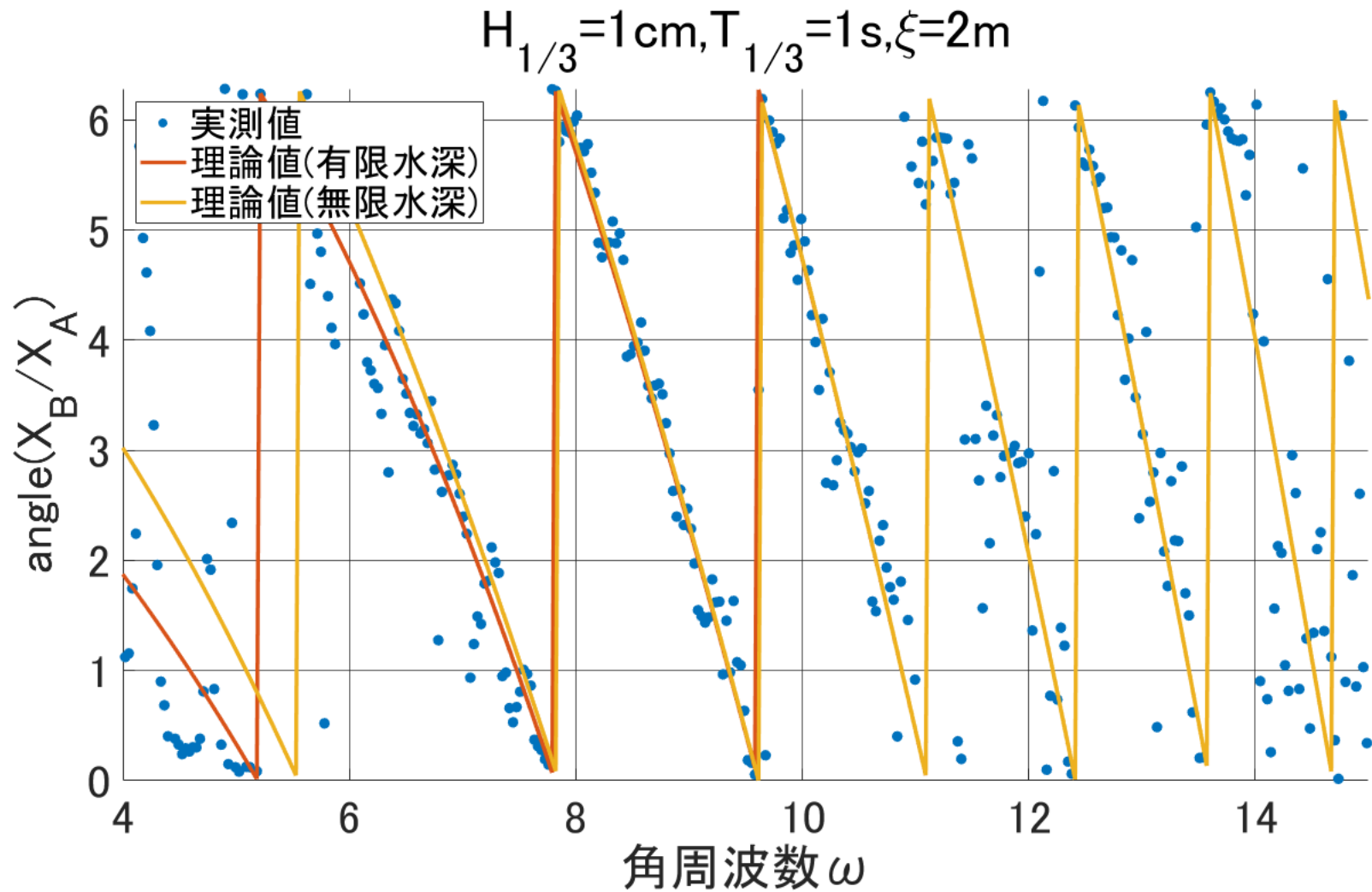
不規則波を発生させて
A点とB点での波変位の
時間履歴を測定



周波数応答を求めて
理論値と比較



周波数応答

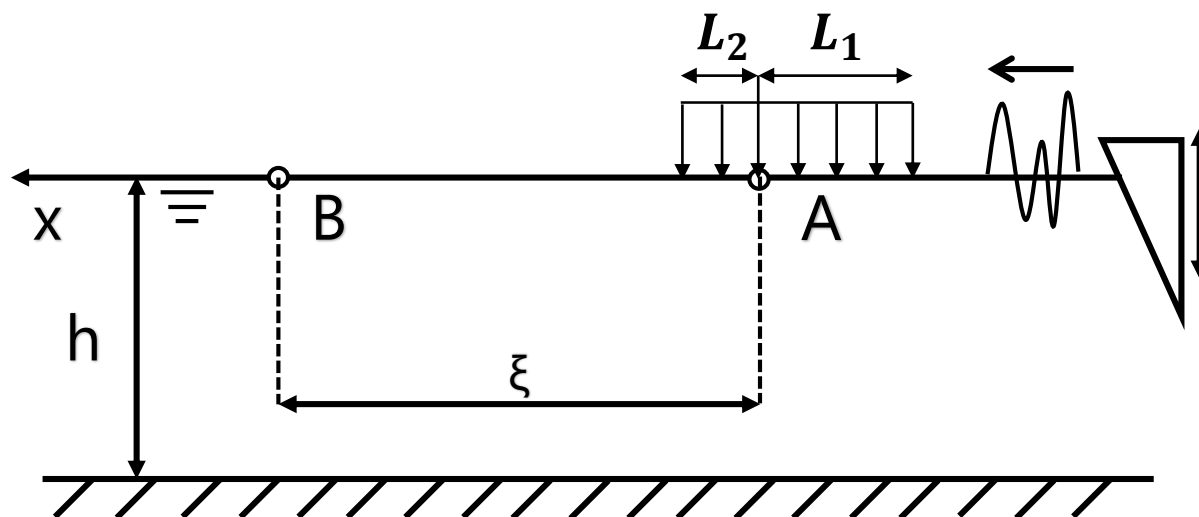


実験の概要

不規則波を発生させて
A点とB点及びA点近傍
における波変位の
時間履歴を測定



計測データから
空間波形を作成して
時空間領域フィルタ
の精度を検証

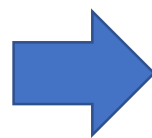


実験条件

AB間距離	1.5m
空間波形範囲(L_1)	1.0m
空間波形範囲(L_2)	0.5m
水深	45cm
不規則波スペクトラム	JONSWAP型
有義波高	1cm
有義波周期	0.8s
波高計	超音波式
サンプリング周期	0.01s
測定刻み幅	2cm

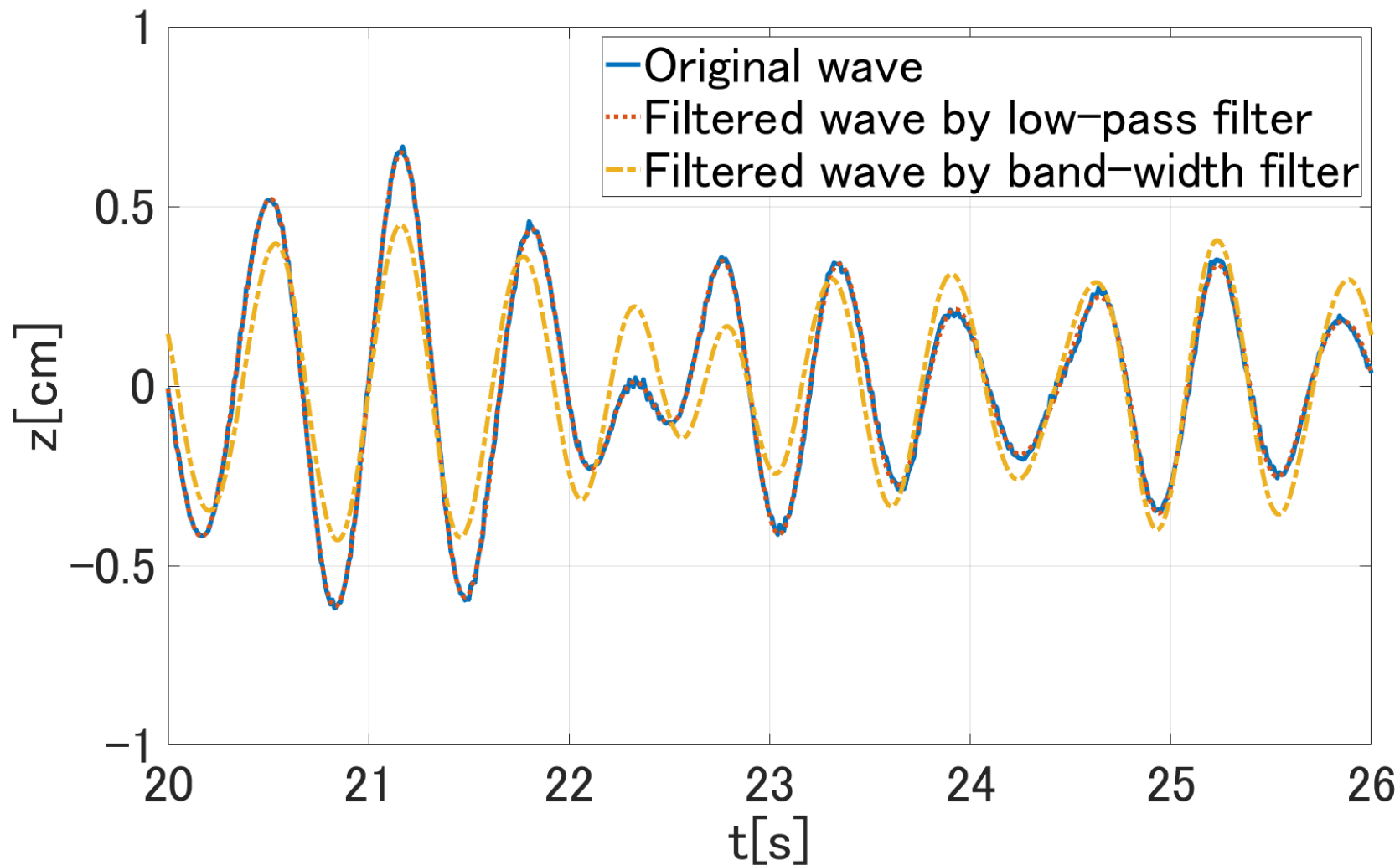


波高計をずらしながら
複数回時間履歴を計測

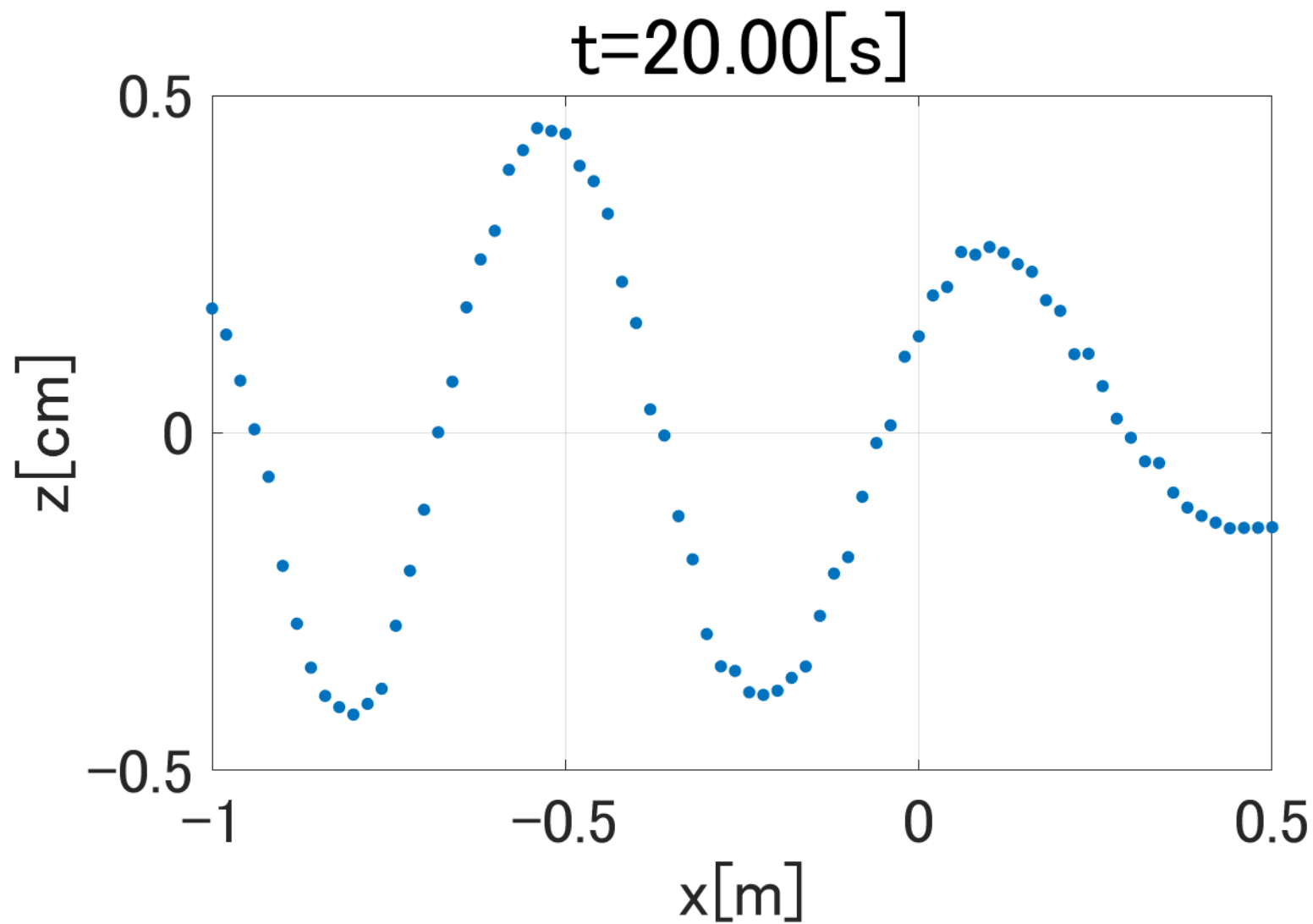


時系列群から地点A近傍の
空間波形を作成

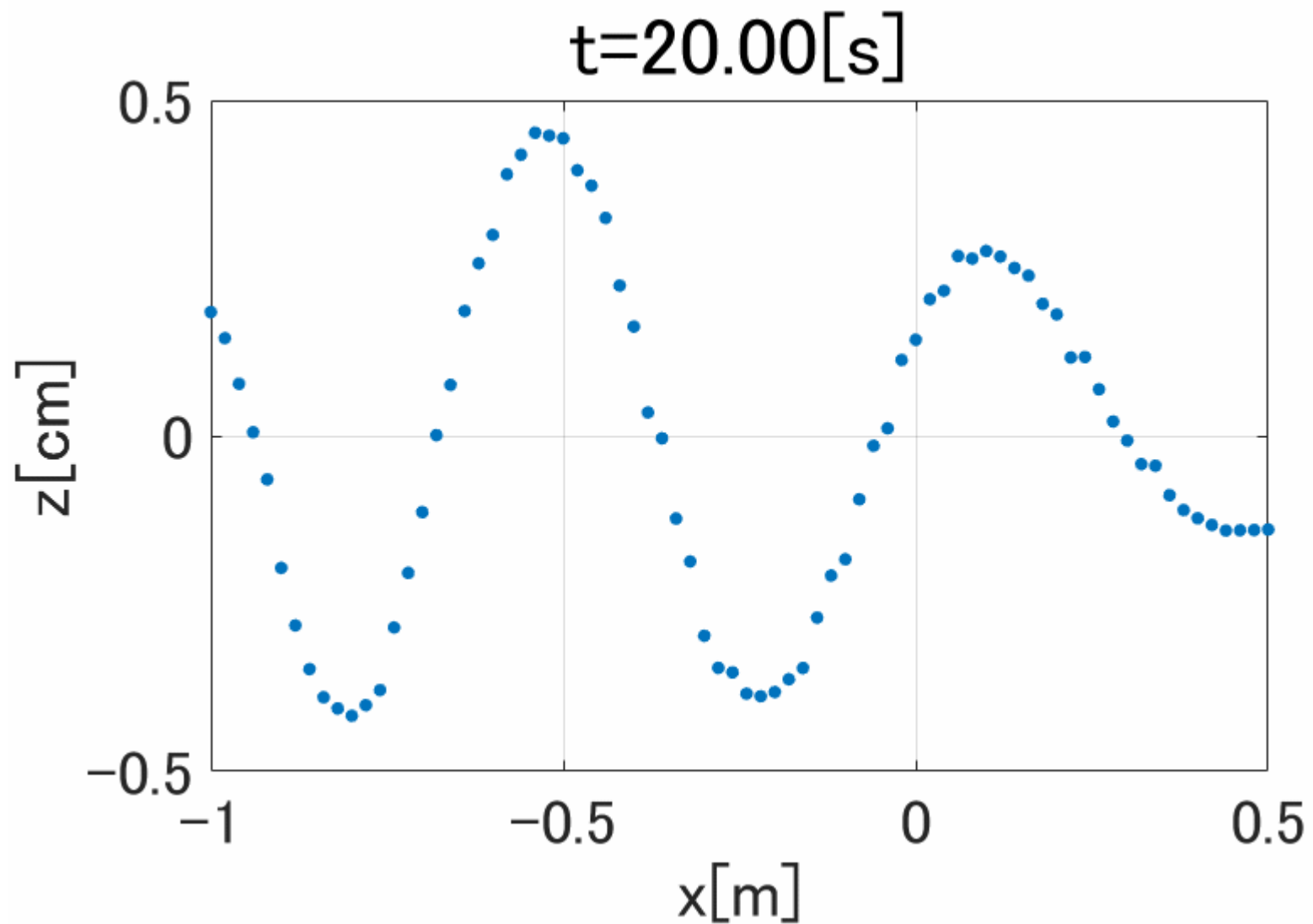
時間履歴 (地点A)



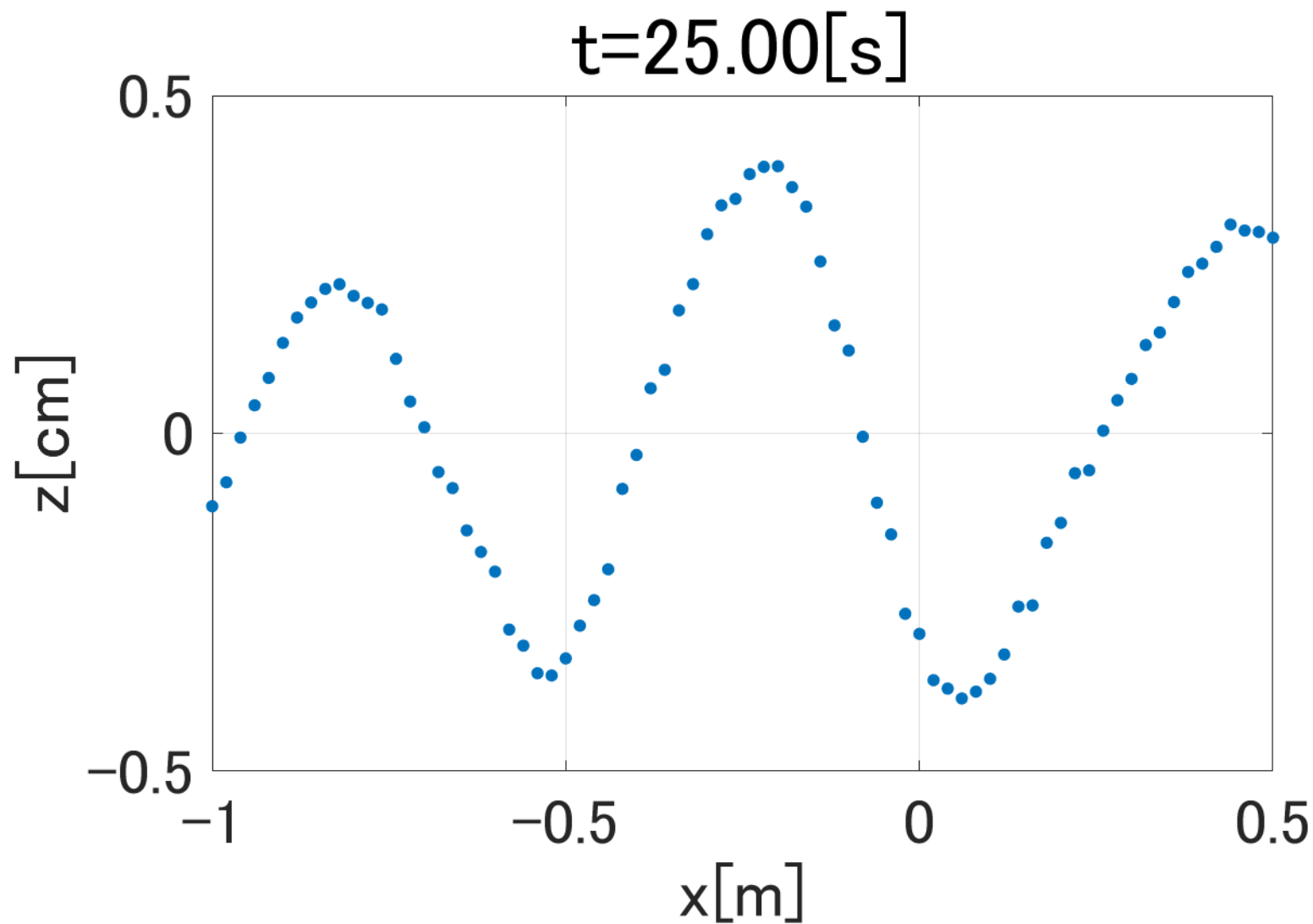
空間波形



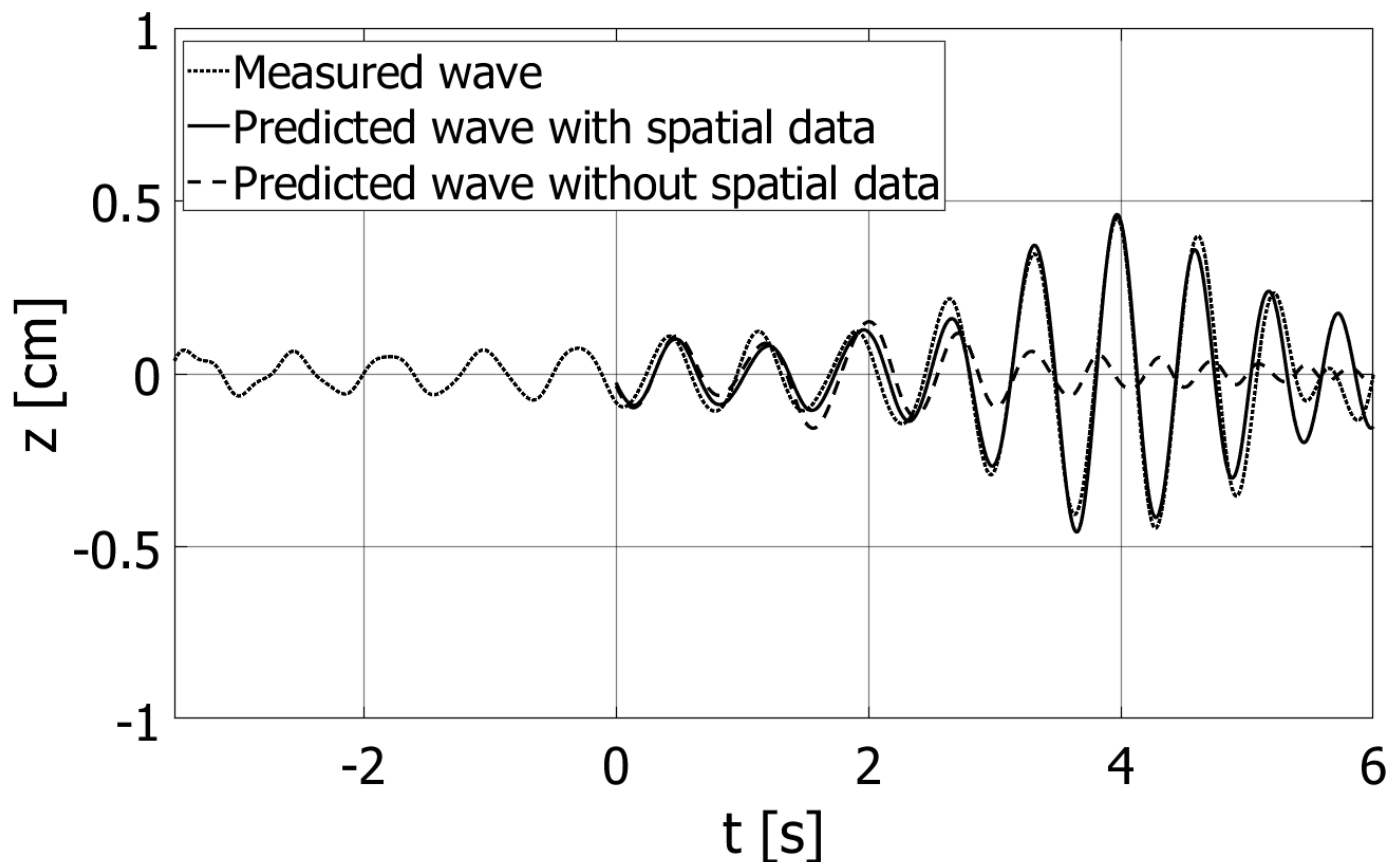
空間波形



空間波形



予測結果（実験値との比較）



空間情報により予測精度が向上

結言

結論

- 不規則波の予測においてインパルス応答関数を用いる場合、時間履歴に加え空間波形を複合的に用いることにより、予測精度が向上し、予測可能時間が延びる

今後の課題

- 予測手法を方向波の予測問題に拡張する
- 計算時間を短縮する
- 空間波形の測定方法を調査する