

# GPS 時刻同期を利用した振動計測システムの開発 —振動源推定に関する基礎研究—

◎大平 知幸\*, 牧野 秀夫\*\*, 前田 義信\*\*, 石井 郁夫\*  
(\*新潟大学大学院自然科学研究科 \*\*新潟大学工学部)

## 1. はじめに

近年, GPS の利用法としては位置測位のみならず, 時刻同期に関する研究が行われている[1]. 我々は距離的に広範囲な地域の多点同時計測において最大で  $1\mu\text{sec}$  単位の同期精度が期待される GPS による時刻同期を利用した振動計測システムの開発を進め, 振動源位置推定への応用を検討してきた[2]. ここで, 従来の振動源位置推定では方程式を数値的に解くことにより解を得ていた. しかし, あらかじめ初期値の設定が必要であり自動化は困難であった. そこで本稿では学習を行うことで, 以後初期値の設定を不要とするニューラルネットワーク (以下 NN) を利用した振動源位置推定方法について検討する. また, 開発した振動計測システムの構成について述べる.

## 2. 装置構成

図 1 に振動計測システムの装置構成を示す. 計測システムはまず, GPS 受信機から時刻情報を取得し, あらかじめパーソナルコンピュータ (以下 PC) に設定した振動計測開始時刻において, 1 秒パルス (以下 1 PPS) の取得を開始する. 次に取得した 1 PPS の最初のタイミングで振動計測を開始する. また, 本システムはネットワークを介して計測開始時刻を送信でき, 無線 LAN を利用した多点での振動計測が可能であることを確認した.

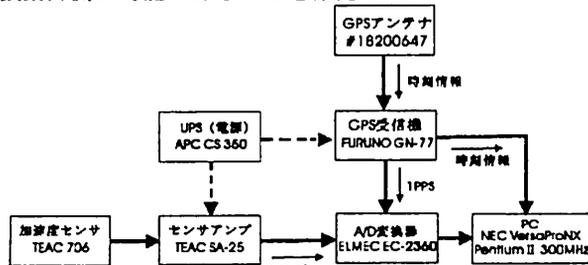


図 1. 装置構成

## 3. 振動源位置推定方法

本研究では階層型 NN を用いて振動源座標の推定を行う. 階層型 NN は 3 層構造とし入力層ユニット数は 64 個, 中間層ユニット数は 150 個, 出力層ユニット数は 9 個とする. 入力データとして各計測点における振動時間, 最大振幅値, 振動到達時間差, また出力データ (教師データ) として振動源座標をそれぞれ 2 進数に変換して与える. 教師データは 16 個とし, 学習方法にはバックプロパゲーション法を, 誤差計算には以下の出力誤差関数  $E$  を用いる.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_{pj} - y_{pj})^2 \quad (1)$$

$$E = \sum_{p=1}^N E_p \quad (2)$$

ここで入出力値は 0, 1 とし,  $t_{pj}$  は  $p$  番目 ( $p=1, 2, \dots, 16$ ) の入力データにおける  $j$  番目 ( $j=1, 2, \dots, 9$ ) の出力層ユニットの教師データ,  $y_{pj}$  は  $p$  番目の入力データにおける  $j$  番目の出力層ユニットの出力データを表す. また,  $E_p$  は  $p$  番目の入力データにおける誤差を,  $E$  は  $N$  番目のデータまでの誤差の総和である. ここで学習は出力誤差関数  $E$  が最小に

なるまで繰り返す. この学習を行った階層型 NN を用いて振動源座標の位置推定を行う.

## 4. 実験

図 2 に実験に使用するセンサ配置を示す. まず, 図 1 に示した振動計測システムを 2 組用意し, それぞれの加速度センサを直線上に 3m 離して 2 点に設置する. この直線上のさまざまな点において振動を発生させ, 計測を行う. 計測したデータを基に階層型 NN の学習を行い, 未学習のデータ (12 個) および学習済みのデータ (24 個) において振動源座標の位置推定を行う. ここで学習済みデータとは振動源座標が教師データに含まれているデータを表し, 未学習データとは振動源座標が教師データに含まれていないデータを表す. 計測用 A/D 変換器のサンプリング間隔は  $50\mu\text{sec}$  とし, 振動は鉄球 (約 1.5kg) を高さ 15cm から落下させて発生させる. 実験はアスファルト上で行う.

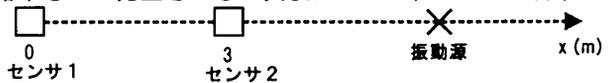


図 2. センサ配置

## 5. 結果

学習済みデータ, 未学習データに対する振動源座標の位置推定結果について図 3 に示す. 振動源座標との誤差平均は学習済みデータでは最大で 0.495m, 最小で 0.001m, 未学習データでは最大で 0.765m, 最小で 0.025m となった.

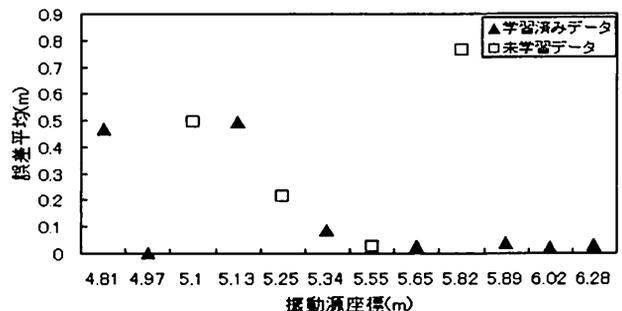


図 3. 振動源位置推定誤差

## 6. 考察・まとめ

GPS 時刻同期型計測システムと階層型 NN を利用した振動源座標の位置推定実験を行い, 本システムを用いた振動源位置推定が可能であることを確認した.

振動源座標推定実験における誤差要因としては NN の学習に用いたデータパターンが少なかったために学習が効果的に行われなかったことや, 振動波の伝播が一様でなかったなどが考えられる.

今後は以上の要因と NN に与えるパラメータなどについて検討する. また, 計測システムについても, 計測開始時刻の送信に携帯電話などを利用し, より広範囲での計測が可能であるシステムについての検討を行う.

## 参考文献

- [1] 樊 春明 他「GPS による時刻同期を用いた水中計測に関する研究」第 107 回日本航海学会講演予稿集 p.34(2002 年 10 月)
- [2] 佐藤 宏明 他「GPS 時刻同期を利用した多点振動計測システムの検討」第 12 回電気学会東京支部新潟支所研究発表会予稿集 p.79(2002 年 11 月)