

Hinet地震波形データを用いた、走時曲線教材の作成と高校生実習

Travel-time curve exercise using Hinet seismograms

○岡本 義雄¹, 井村 有里² Yoshio OKAMOTO¹, Yuri IMURA² 大阪教育大学 (非常勤) ¹, 大阪教育大学附属高校天王寺校舎²



2021年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第75回全国大会東京大会

要旨

Hinet 地震波形データより, Moho面の深さを推定できる走時曲線教材を開発した. 震央距離順に実際の地震波形をペーストアップしたハードコピーを用いるものと, 地震解析ソフト win2で読み取ったP, S両波の到着時刻をグラフにしたものとの2種類を作成した. 試験的に投げ込み教材として, 高校1・2年生で実習した結果も併せて紹介する. 生徒は誤差を包有した整理されていないデータには不慣れであり, このような生の観測データを実習に用いる際の問題点が浮き彫りになった.

はじめに

地学の教科書に載る, 地殻の発見は重要なテーマであるが, モホロビッチが行った, 実際の地震波形データによる走時曲線を利用する例は少ない. ここでは実際の地震波形, および到着時でプロットした走時グラフから, 走時曲線を引いて地域のMoho面の深さを推定するための実習教材を作成した. また予備的な高校生による実習に使用した結果を報告する.

研究データ

走時曲線資料作成の詳細は, 下記サイトに記述した. こちらを参考にしてほしい. 本稿では概要のみ記す.

http://yossi-okamoto.net/Seagull_Lab/TT/index.html

地震波形データは, 防災科学技術研究所が所管するHinet (高感度地震観測網) のイベント波形データのアーカイブより,

- 1) 浅い地震であること
 - 2) 走時が読み取りやすい地震であること
 - 3) 広い地域で読み取るためにM5以上
- などを選別基準とした.

本実習では2020年9月4日福井県嶺北地方のM5.0, 深さ7kmの浅い地震データを用いた.

研究ツール

地震波形処理には, win2 (宇都宮大学名誉教授伊東明彦氏開発) のLinux版を用いた. このソフトで地震波形のペーストアップ図 (以下PU図と略記, 図1) を作成する. win2では自由に波形の大小と時間軸方向の倍率を変化させうるので, 実習に使いやすい1枚の図に納めた. ただし, win2の仕様上, 振幅は既定値に自動的に変換されるために, 距離と最大振幅の比較などはできない. もう1つの教材として, win2より筆者が読み取った, P, S両波の到着時刻を表計算ソフトで, 震央距離順にプロットした, グラフも作成した (これを以下TT図と略記, 図2). S波の到着時の読み取りはかなり経験を必要とするので, 迷う場合はwin2の震源からの逆計算による推定値を参考にした.

生徒実習

いずれの実習でも生徒が行う手順は,

- 1) 走時曲線の描画 (まずはP波について)
- 2) 走時曲線の屈曲点距離L[km]を求める.
- 3) Lの前後で, 地殻内の地震波速度 (Vp1[km/s]) と, マントル内の地震波速度 (Vp2[km/s]) をそれぞれ求める.
- 4) 地殻の厚さD[km]を式から計算する.
- 5) S波の走時曲線についても同様の処理をする (オプション) となる.

1) について, PU図では, 生徒はあらかじめ波形のP波到着と考えられる地点にマーカーで記しをつけ, 最後にものさしで直線を引く. 高校生でも, P波の到着を読み取るのはさほど困難ではなく, 走時曲線も引きやすい. ただしS波はすでに初期微動のさなかで到着するために, その到着を読み取るのは, 筆者でもかなりの困難と言える.

3) について, 両図に共通して, 地震波速度はグラフの傾きの逆数から計算する. あらかじめ図における, 時間 (秒) と長さのスケールファクターを決定, 100kmの距離を地震波が伝わる時間を三角を書いて計算. そこから割り算で地震波速度を求める.

4) について, 地震学の教科書に載る, 臨界屈折波のスネルの法則から導かれた計算式でMoho面の深さを計算する.

この実習では, 地殻とマントル内の水平2層構造を仮定し, 地震波速度を定数と考えていることに注意.

2021年6月と7月に, すでに地球内部構造を簡単に既習していた高校1・2年生を対象に, 投げ込み教材として試行した. 1学年4クラスについて, 半分をPU図, 残りをTT図で実施した. 実習後に生徒のプリントを回収して, 得た各パラメータの度数分布を次に示す.

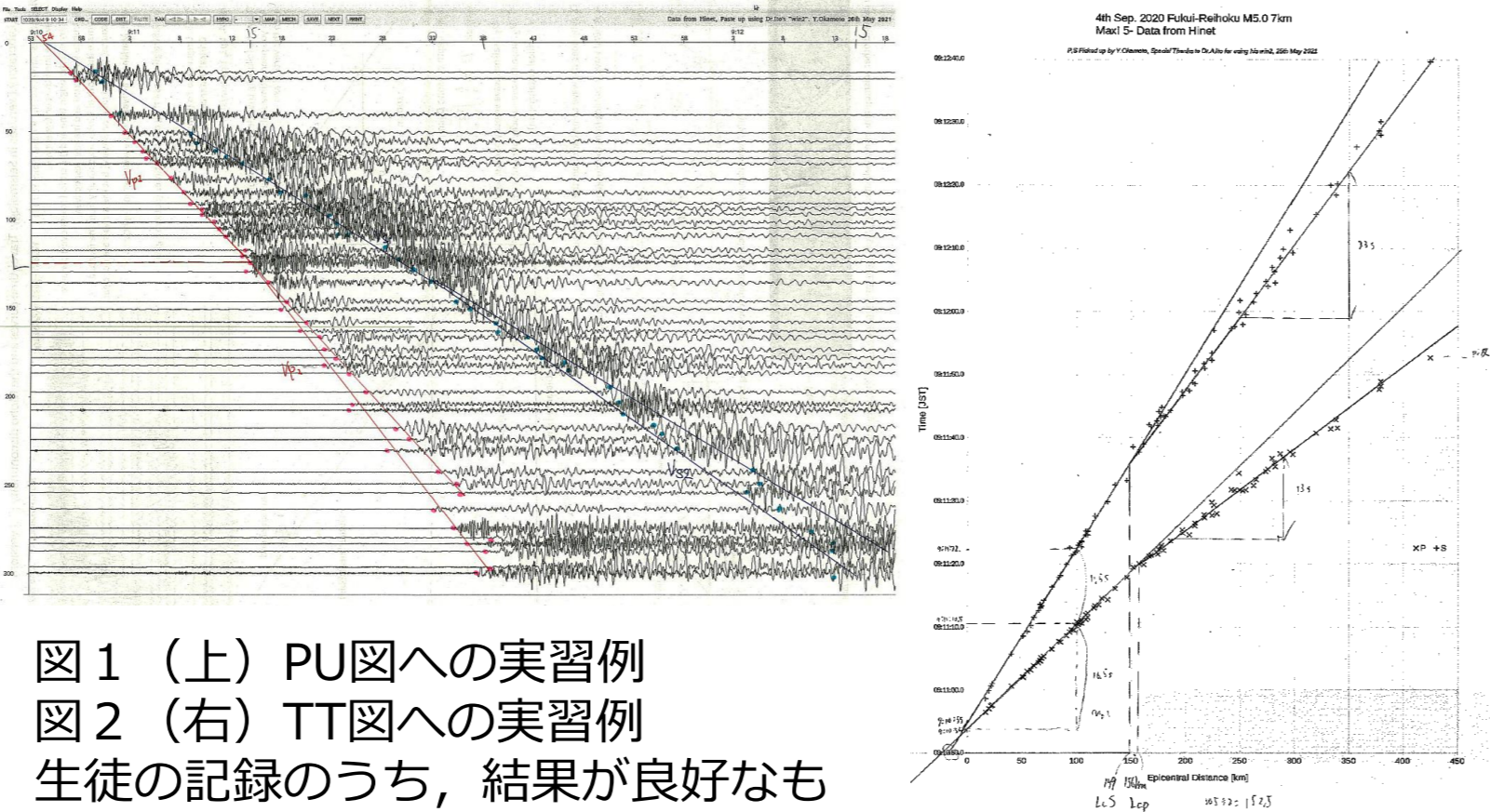
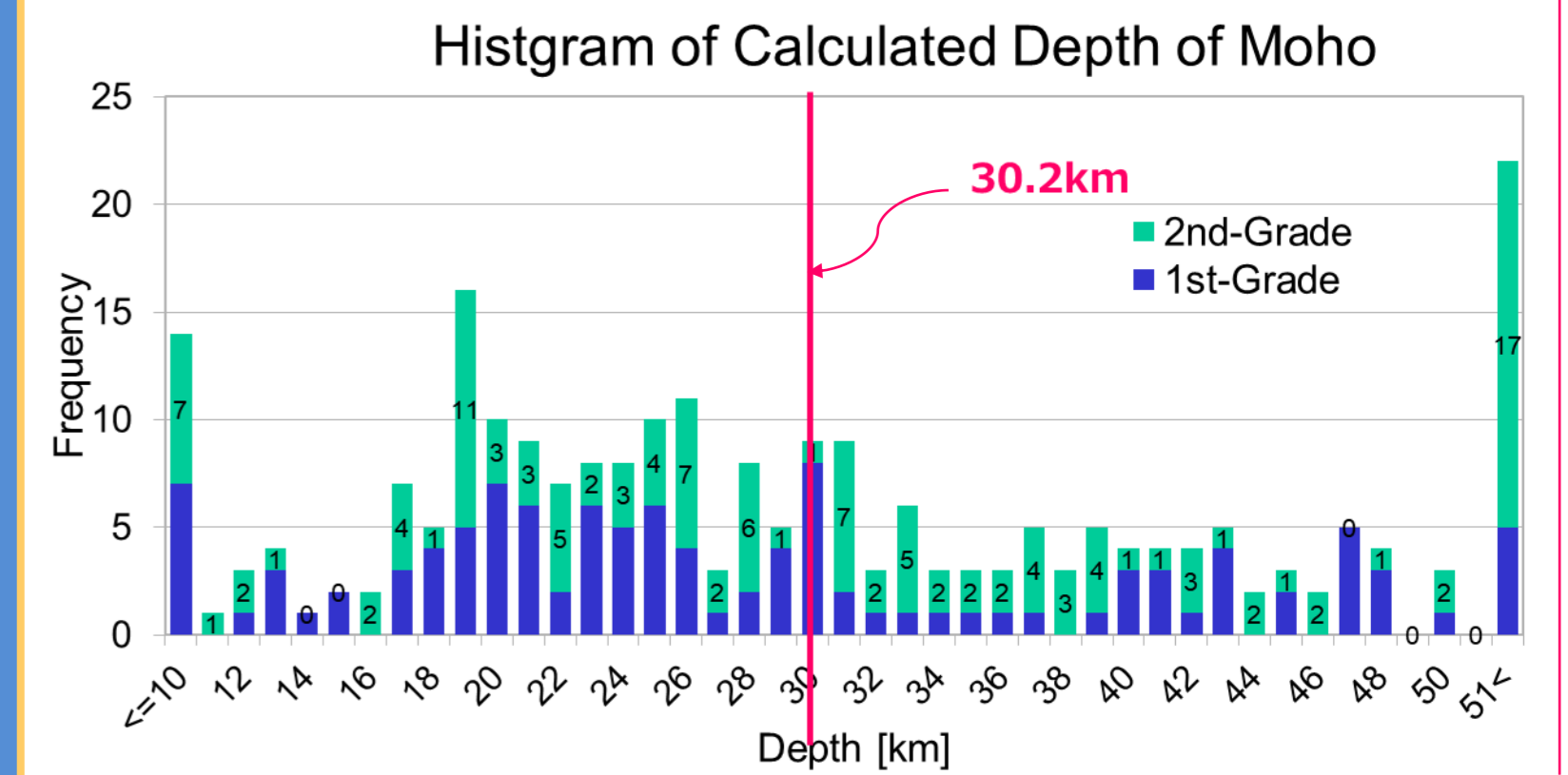
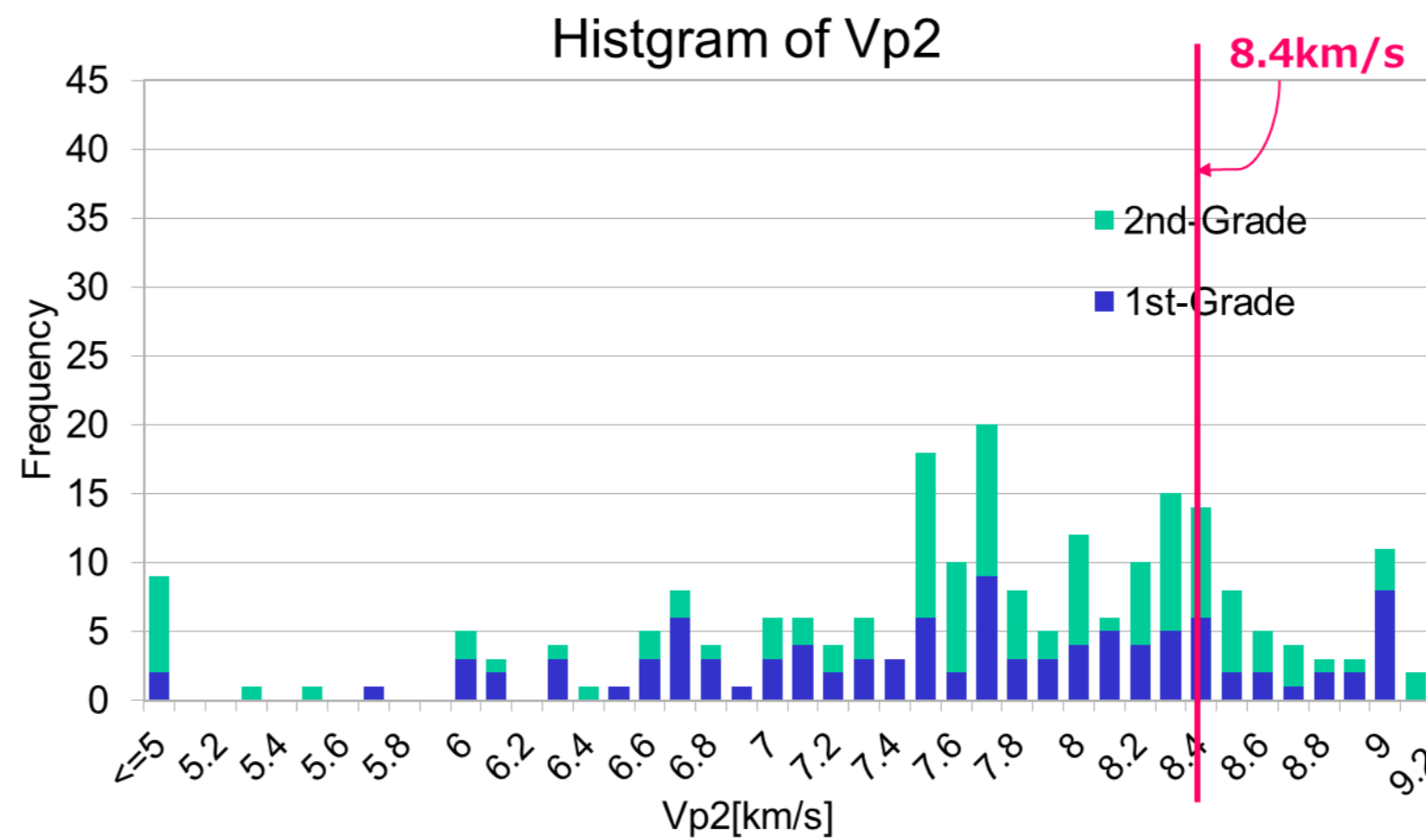
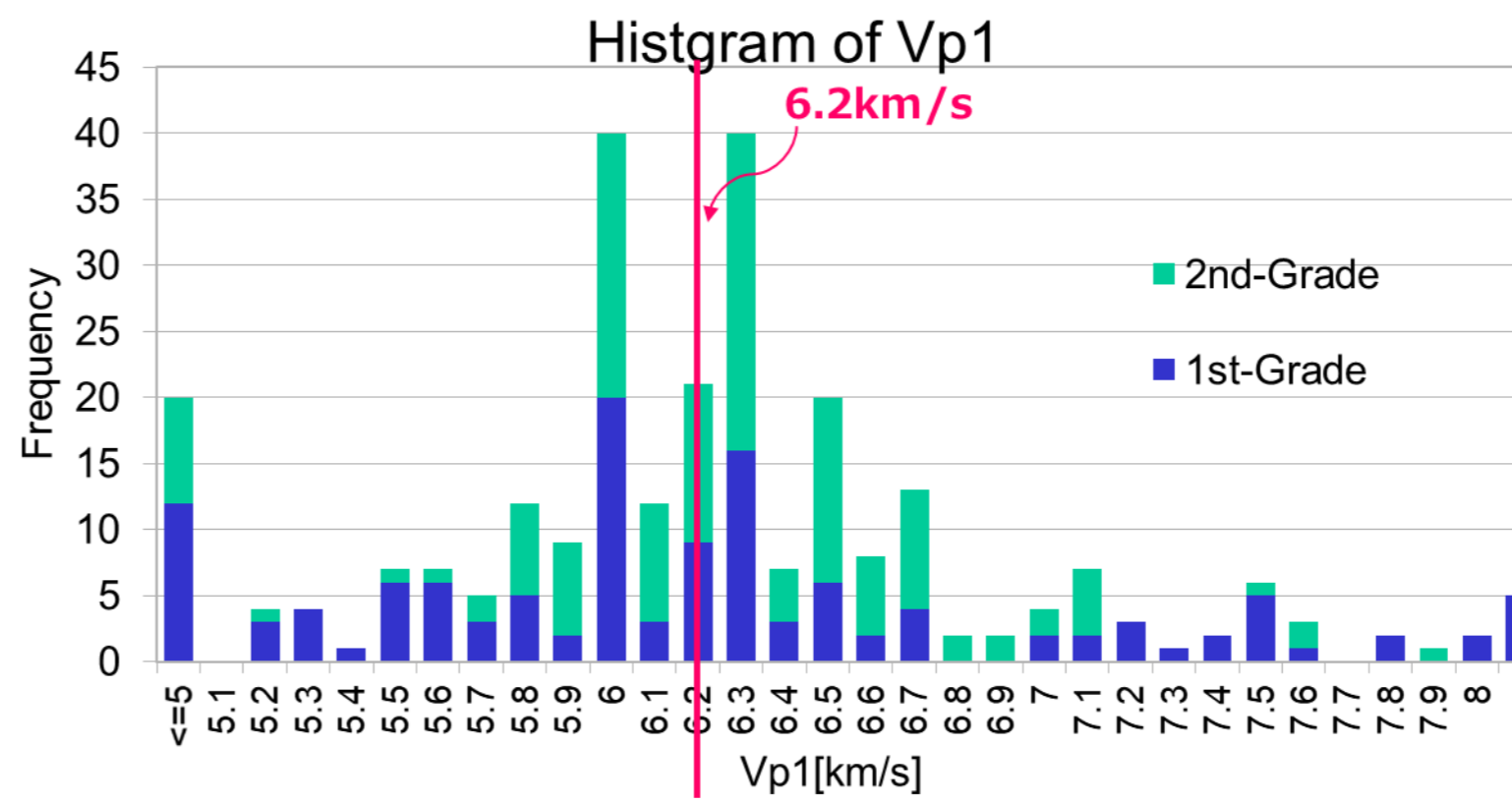
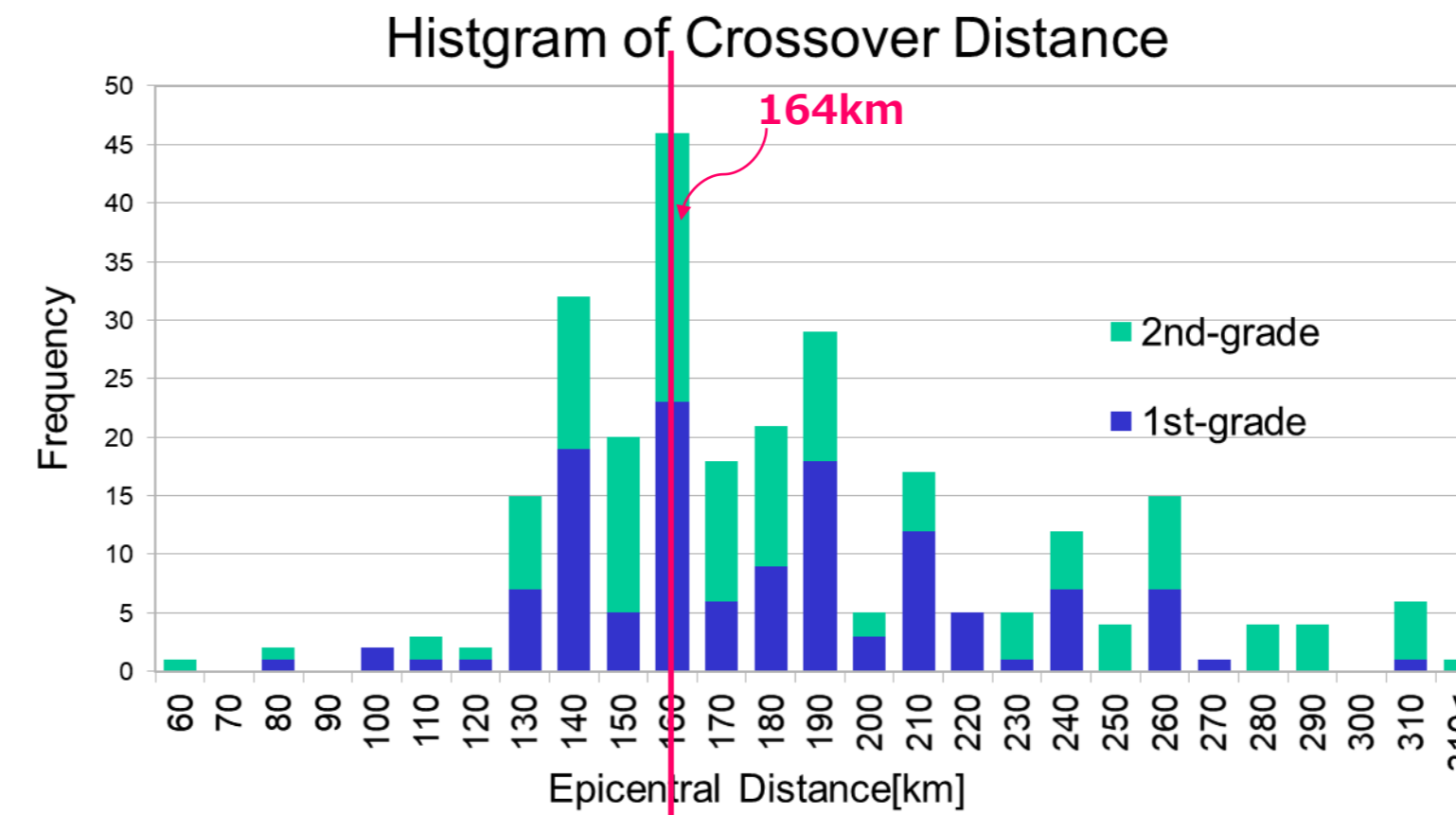


図1 (上) PU図への実習例
図2 (右) TT図への実習例
生徒の記録のうち, 結果が良好なものを選択.

実習結果



各グラフの両端は, 範囲外のデータ数を含む. 赤線は筆者読み取りの数値を示す.

議論

実習に用いた時間が諸事情で短く, 十分な事前説明が不可能となった点を差し引いても, 生徒の取得したパラメータは, こちらの当初の予想を越えてばらついた. さらに極端な値を算出する例も続出した. またPU図とTT図における顕著な違いは確認できなかった. 高2生が高1生より良い結果を出したとも言えない. このあたりは投げ込み教材となった影響も大きい. 生徒は誤差を伴う, 生の観測データの処理や作図, 解析の経験が乏しいこと, 特に誤差を含むデータへの, 近似曲線のフィッティング作業が困難であったことが推察される. さらに速度の計算も通常の物理で習う傾きとは逆のセンスになるために, 計算ミスも続出した. 今後, こうした観測生データを用いた教材の使用の際は, フィッティングの仕方など, 具体的な実習の手順を解りやすく指し示すことに, 留意したいと考える.

結論ほか

生徒実習用の走時曲線教材を2種類の図から作成した. 当初の予想に反して, 生徒の出した結果はばらついた. 2種類の図, および学年による結果の差異は, 確認できなかった. 本実習で使用した地震も含めて, 筆者の開発した走時曲線実習用のグラフは, 筆者サイトにて公開中である (前述). 活用されて感想やコメントをいただければ幸いである.

謝辞ほか

Win2開発者の伊東明彦氏からソフト提供と, win2操作ならびにP,S位相読み取りの詳細など, 様々なご教示をいただいた. 感謝します. なお, 以下の伊東氏のHPよりwin2のwindows版をダウンロードできる. <http://www.edu.utsunomiya-u.ac.jp/scied/hi-net/win2/index.html>