機械学習を利用した GPS 信号特性の分類

Classification of GPS Signal Properties Using Machine Learning

田中晋平・辻井利昭（大阪府立大学）

Shimpei Tanaka, Toshiaki Tsujii (Osaka Prefecture University)

Key Word: GPS, Multipath, NLOS, Machine Learning, Urban Area

１．研究テーマの背景・目的

近年, GPS を利用した測位技術は全世界で利用されており, 我々の生活に欠かすことのできない技術となっている. しかし, 都市環境での GPS 利用は測位精度が著しく劣化してしまうという問題が存在する. その原因の一つはビルなどによって反射した信号を測位に利用してしまうことが挙げられる.

GPS 信号特性は大きく分けて 3 種類存在する。直接波のみを受信している LOS(line-of-sight), 直接波と反射波を受信しているマルチパス, 反射波のみを受信している NLOS(none-line-of-sight)である。本研究では機械学習を利用して信号の特性を分類し, 測位に適した信号を判別する. その信号判別結果を GPS での測位に利用することで測位精度を向上させた.

２．今回得られた知見や成果

２－１　結果と考察

機械学習のトレーニングに使用するデータを作成するために, 両円偏波アンテナを利用し, 信号を LOS, Multipath, NLOS に分類した[1]. 分類したデータを利用し, 機械学習のトレーニングを行った. 今回は機械学習アルゴリズムにランダムフォレストを利用した[2]. 特徴量に信号強度, 衛星の仰角, ドップラー偏移から求まる速度と擬似距離レートの差(以降 ’速度の一貫性指標γ’ と呼ぶ)の 3 つを利用した.

速度の一貫性指標γは以下の式によって与えられる.

$$\gamma = |\Delta\rho - v \cdot \Delta t|$$

このとき,

$$\Delta\rho_k^{(i)} = \rho_{k+1}^{(i)} - \rho_k^{(i)}$$

$$v = -c\frac{f_{Doppler}}{f_{L1}}$$

$\rho_k^{(i)}$はエポックk,i番衛星の疑似距離を示す. また, cは光速, $f_{Doppler}$はドップラー周波数, f_{L1}は L1 帯の周波数である.

同じ実験場所で, 一般的に利用される, 右旋偏波のみ受信可能なアンテナを用い, 10 分間データを取得した. 取得したデータにトレーニングした分類器を用いて, 信号特性ごとに分類した. GPS のデータレートは 1(Hz)で, 1 エポック(1 秒)ごとに信号の分類結果を与えた. そして 反射波を含むと考えられる衛星を除外し, 測位を行った.

２－２　結果と考察

10 分間のデータのうち NLOS と分類された割合を衛星番号ごとに Fig.1 に示す. 今回の実験で, NLOS の可能性が高いと判断できる G06, G19 番衛星を除外して, 測位を行った. 反射波を含む衛星を除外する前と後の 10 分間の水平方向誤差を Fig.2 に示す. Fig.2 から,衛星を除外した結果, 水平方向誤差の平均値は 6.44(m)から 4.34(m)に減少し, 測位精度の改善に成功した.

次に Fig. 3 に 1 衛星除外した場合の水平方向誤差平均と除外した衛星の LOS の割合を示す. ‘all’は全ての衛星を利用した場合の水平方向平均誤差である. LOS の割合が高いと判断されている衛星を除外した場合, 水平方向誤差が大きくなる傾向があり, 今回の機械学習を利用したラベリングはうまく機能していると考えられる. 一方, 除外衛星ごとの水平方向誤差は G06 衛星を除き, 誤差がすべての衛星を利用した場合と同じかそれ以上になっている. 反射波を含むと考えられる衛星を除外した場合も誤差は減少していない.

３．今後の課題

一般的なアンテナを用い, 反射波を含む衛星を利用することで測位誤差を減少させることに成功した. しかし, 衛星を除外する際に, ただ反射波を含む衛星を除外するだけでは不十分であることが判明した. NLOS の割合, 衛星数, 衛星配置などを複合的に判断し, 除外衛星を決定しなければならない. また, 衛星を除外するだけではなく, 重みづけし, すべての衛星を利用する場合も検討する.

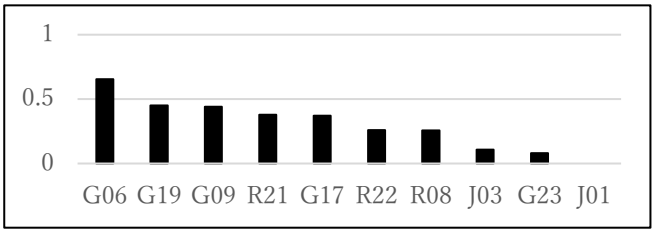

Fig. 1 The proportion of satellite signals labeled NLOS

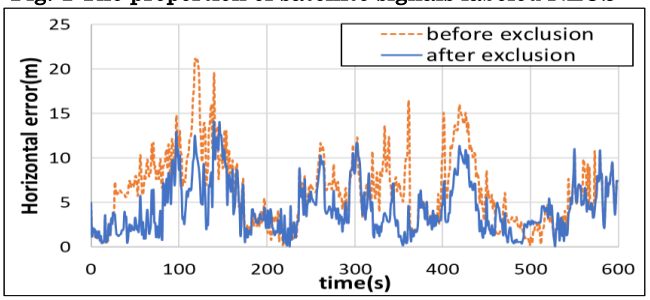

Fig. 2 Horizontal error before and after satellite exclusion

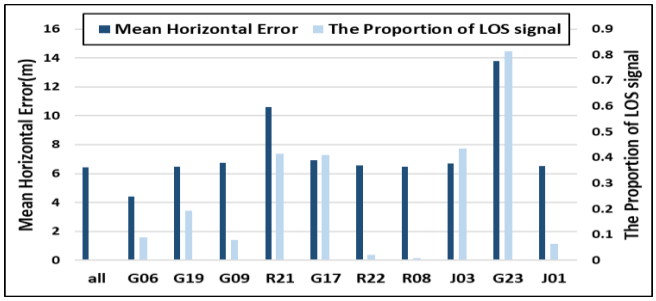

Fig. 3 Mean horizontal error and the proportion of satellite signals labeled LOS

参考文献

[1] Ziyi Jiang ・ Paul D. Groves “NLOS GPS signal detection using a dual-polarisation antenna”

[2] Habe Hiroshi “Random Forest” IPSJ SIG Technical Report

[3] Li-Ta Hsu “GNSS Mulitpath Detection Using a Machine Learning Approach”