新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

スマートフォンセンサーのみからの正確な車速推定法

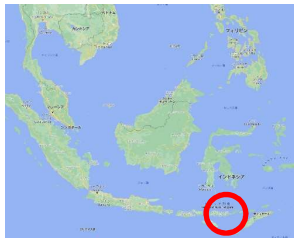
岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科
准教授　深井 英和

2022年7月19日

背景

途上国や地方自治体における道路インフラ維持管理問題

途上国の場合（東ティモール）
予算不足＆技術者不足



東ティモール
（JICAプロジェクト）

未整備道

酷く老朽化

・マンゴーが悪路で傷んでしまう！
・経済発展の大きな足枷
・医療や教育へのアクセスが悪い

国内地方自治体の場合
予算不足＆人不足

ひび割れ

ポットホール

わだち掘れ

NHK特集より

今後老朽化で通行
できない道路も？！

路面状態の定期調査が必要

できるだけ安く
簡単に！

背景

（従来法）

数千万円～数億円

道路パトロールカー

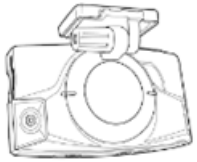
＋

専門技術職員

毎週パトロール

（提案法）

ドライブレコーダー



1万円

＋

スマートフォン

数万円

ICTと人工知能で
安価に確実に！

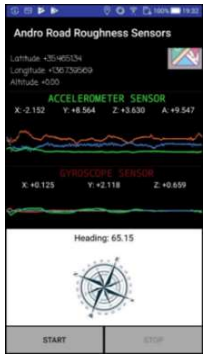
任意の一般車両

＋

一般のドライバー

背景

高々、数千円～数万円の機器



計測アプリ

1. **ドライブレコダーとスマートフォンでデータ収集**

2. **最先端の深層学習を使って路面状況を解析**

データベース構築

クラウドサーバーにアクセス

3. **現場向けに調査結果を地図で表示**

スマートフォン、タブレット、PC等

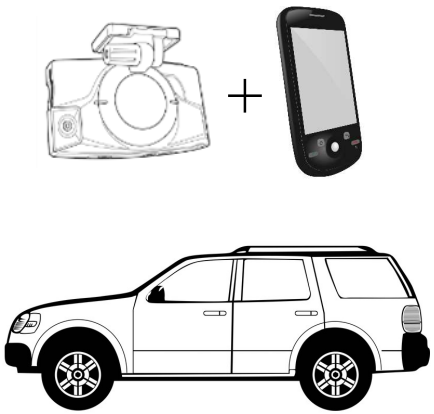
ビッグデータの解析

4. **長期道路補修計画向けに情報提供**

- 劣化曲線推定
- 路面劣化予測
- 最適補修計画を提案

独自の特徴

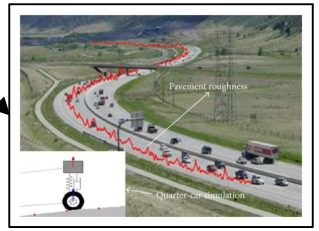
分析項目



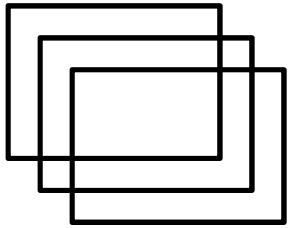
ひび割れ
- 位置（GPS）
- 大きさ推定
- 国交省が定める、単位距離当たりのひび割れ率推定

ポットホール
- 位置（GPS）
- 面積推定

路面表示
- 位置（GPS）
- 全国道路標識・標示業協会指定の劣化評価ランク推定

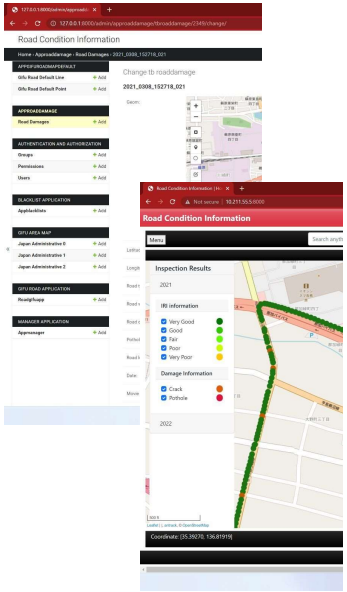


ラフネス
- 位置（GPS）
- 国際標準規格 IRI 推定



その他、多種多様な検査項目の自動評価（特許準備中）

…



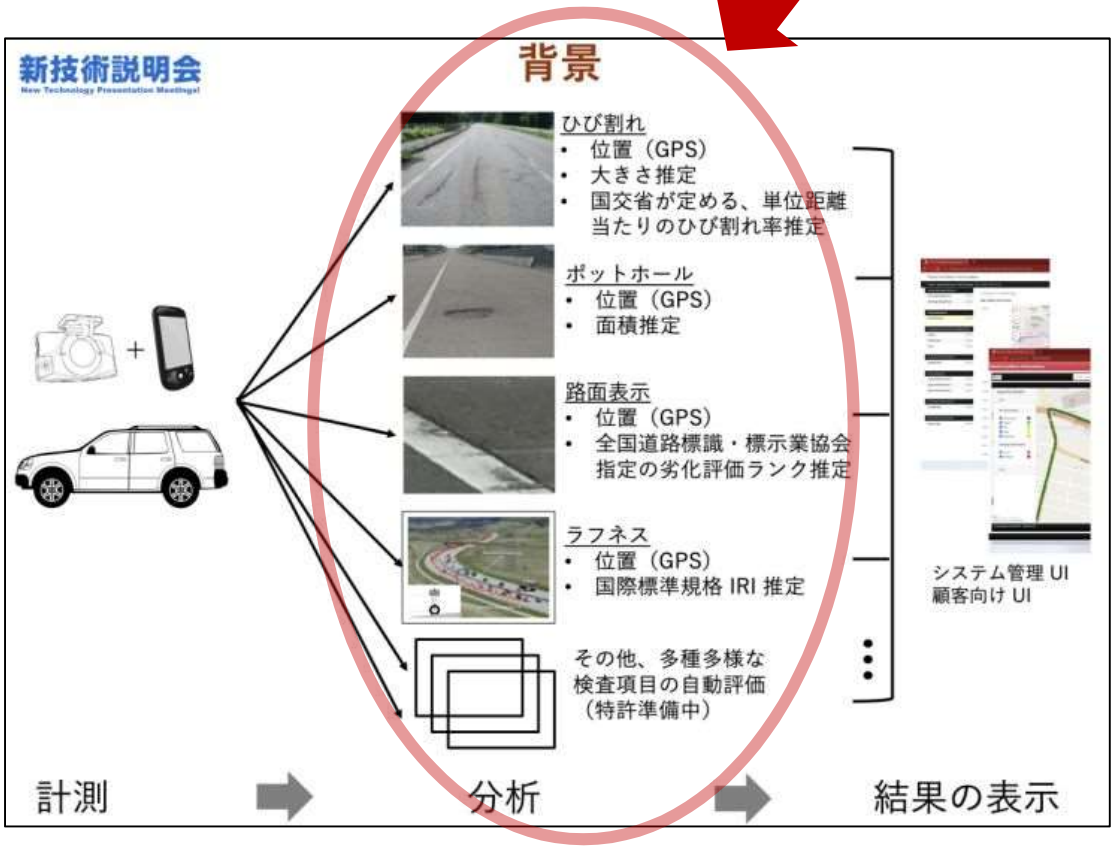
システム管理 UI
顧客向け UI

計測 → 分析 → 結果の表示

背景

推定に車両速度の値を使う

従来手法
- 高額な機器
- 一定速度



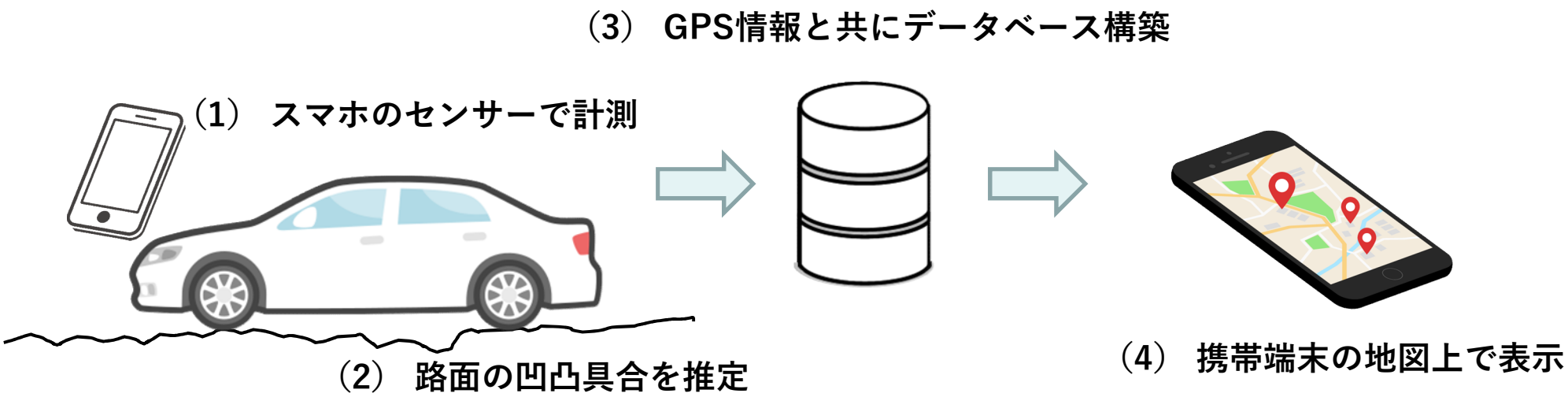
- 安価に簡易に（スマホとドラレコだけで）計測したい。

➡ 任意の車両、任意の車両速度で計測したい。

➡ 良い分析結果を得る為、まず出来るだけ精確な車両速度をスマホのセンサーだけから推定したい。

背景

我々は、車両に設置された**スマートフォンの各種センサ情報のみから路面の凹凸具合を推定**し、地図上に可視化するシステムを開発している。
(IRI：International Roughness Index, 路面凹凸の国際標準規格)



路面の凹凸具合の推定には、より正確な車速情報が必要

スマートフォンに搭載されたセンサー情報のみ（加速度センサー、GPS）から<u>精確な車速が知りたい！</u>

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**安価に精度良く**計測する

従来法①　OBD2（車載故障診断装置）から速度情報を取得

問題点：車載コンピュータとの接続が手間、接続用装置が必要

OBD2接続端子

従来法②　車軸回転数から速度を算出

問題点：特別な装置が必要、装置の設置が大変

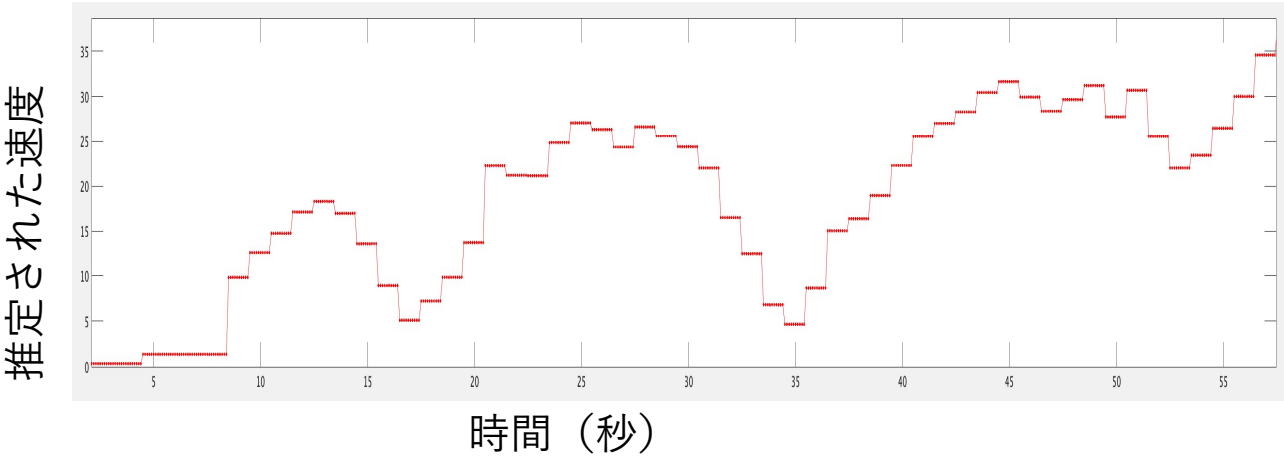
自転車用スピードセンサ

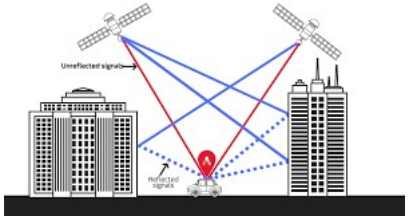
特殊な装置や面倒な接続なしで、車両速度を推定したい

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ③　スマホのGPS情報から速度を算出





マルチパス問題

GPSの誤差要因一覧

誤差の種類	誤差の特徴
マルチパス、衛星捕捉数不足、衛星の悪配置	受信機が山や建物に囲まれると発生する
電離層・対流圏での遅延	季節や時刻、場所によって変化する
受信機時差誤差、受信機熱雑音	受信機の性能によって異なる
衛星時計誤差、軌道情報の誤差	軌道上での衛星自体による誤差

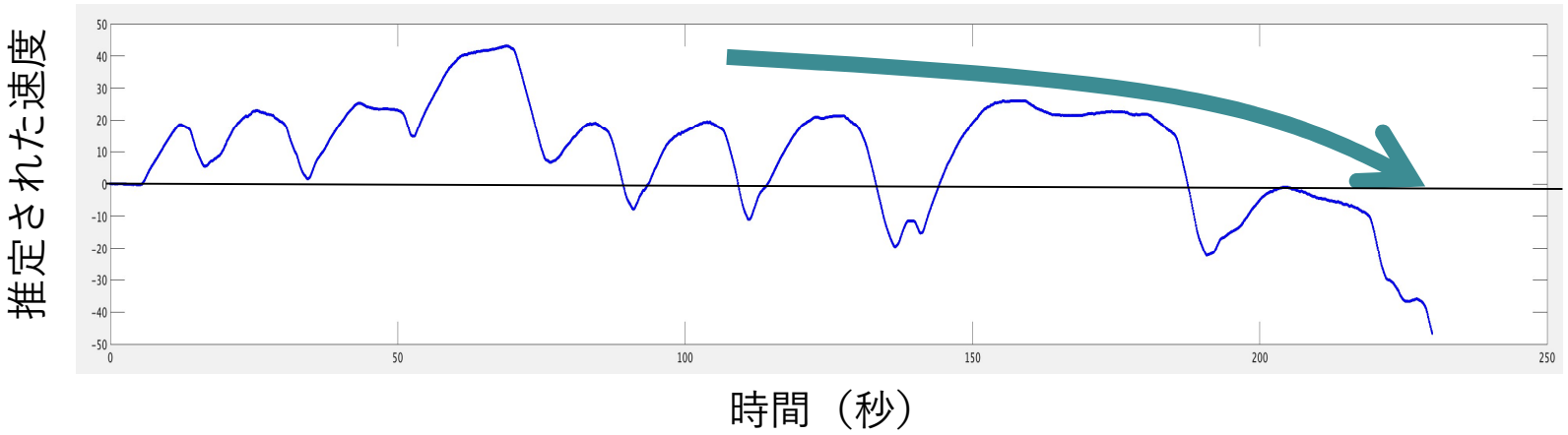
問題点：

- GPS特有の誤差がある（非ガウス）
- 約１秒毎にしか情報が更新されない

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ④　スマホの加速度センサー情報を積分して速度を算出

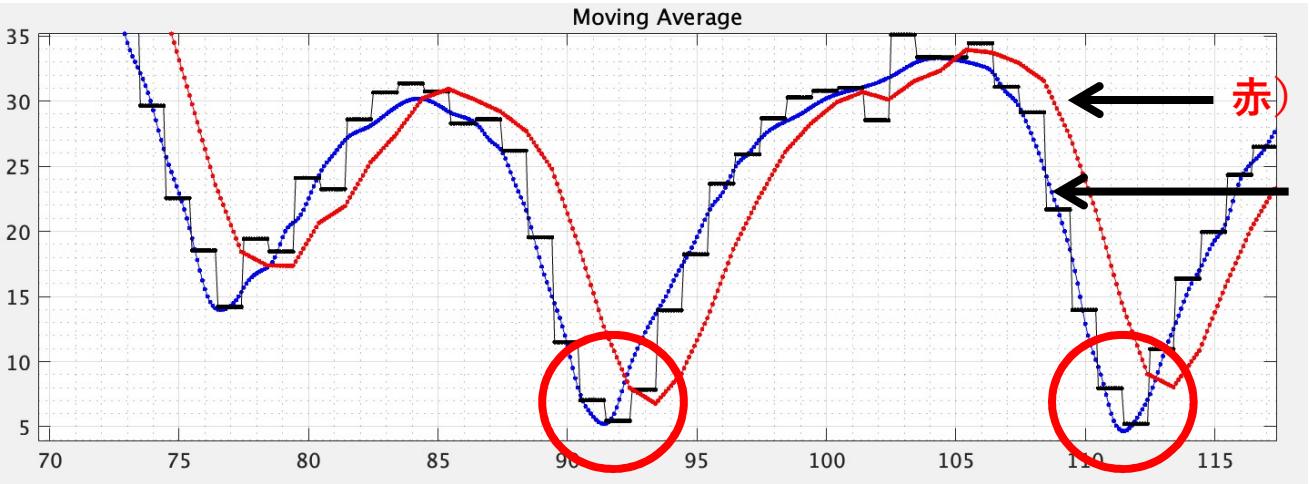


問題点：
- スマホのセンサー誤差が蓄積し、推定値がドリフトする

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ⑤　GPS位置情報＋移動平均処理（最も簡単な方法）



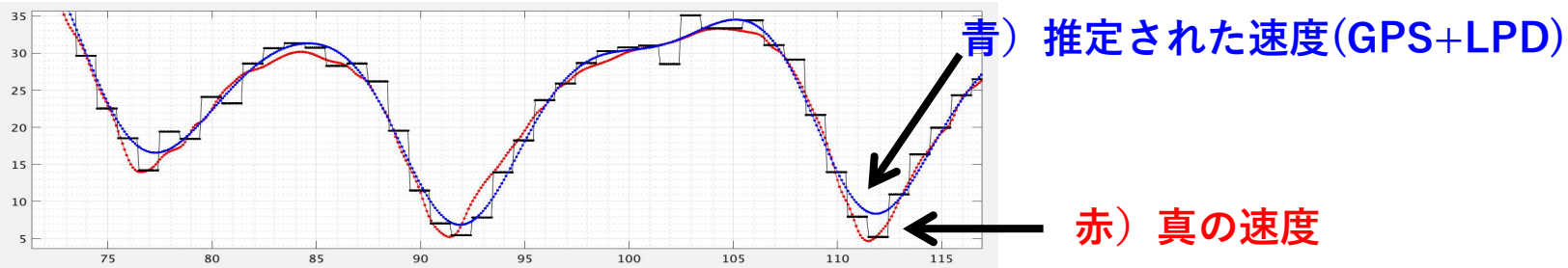
問題点：
- 時間遅れがある
- 車速の値の速い変化に追随できていない
- GPS特有の誤差に影響を受けている

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ⑤　GPS位置情報＋低域通過フィルタ（一般によく用いられる方法）

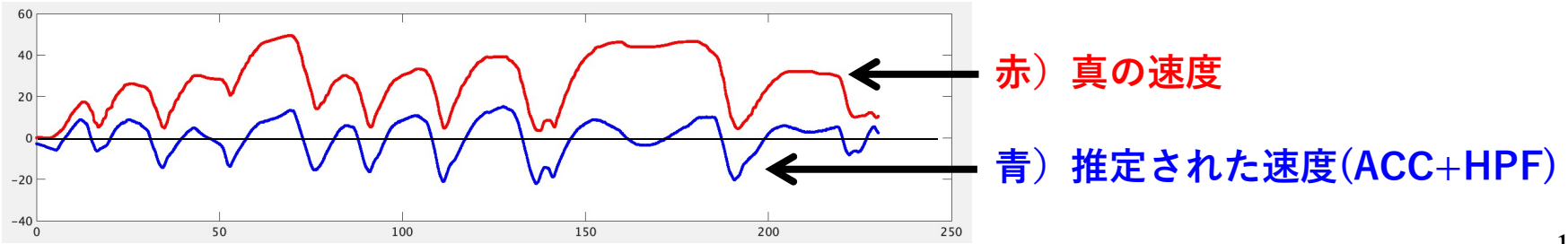
問題点：速度のが大きく変化する点で誤差が大きくなる



赤：真の速度、青：GPS+LPF

従来法 ⑥　加速度の積分＋高域通過フィルタ

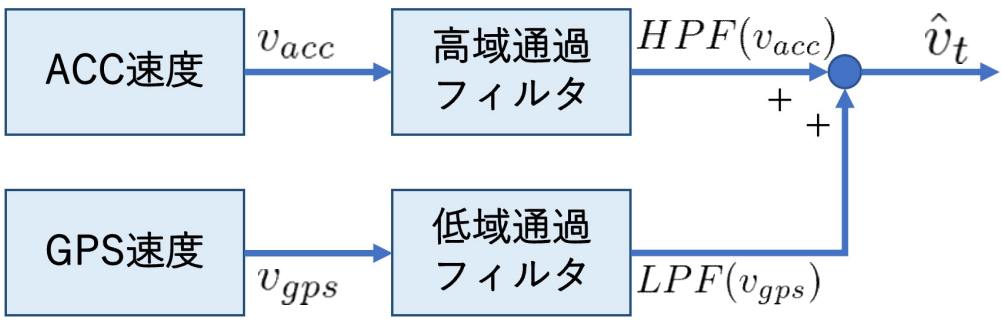
問題点：平均速度が0になってしまう



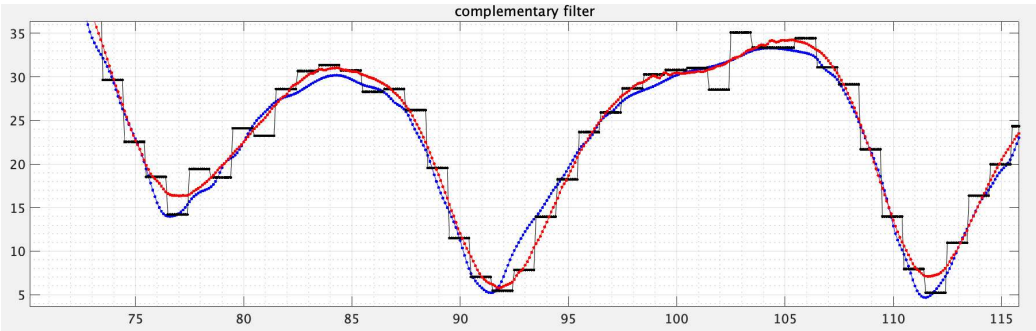
従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ⑦　**相補フィルタ** LPF(GPS速度) ＋ HPF(ACC速度)



相補フィルタ



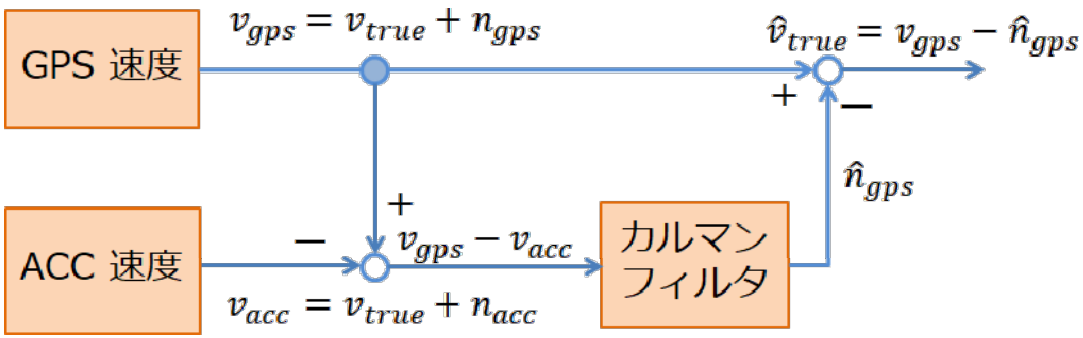
青：真の速度、黒：GPS速度、赤：相補フィルタで求めた速度

問題点：フィルタの設計精度が結果に大きく影響する

従来技術とその問題点

【目的（技術分野）】
車両などの移動速度を**スマホセンサーのみから精度良く**計測する

従来法 ⑧　カルマンフィルタ



状態方程式：　$x(t+1) = Ax(t) + Bv(t)$
観測方程式：　$y(t) = C^{\mathrm{T}}x(t)$

システム変数：$x(t) = [x_{Acc}(t),\ x_{GPS}(t),\ \beta(t)]^{\mathrm{T}}$

$v(t) = [v_a(t),\ v_g(t)]^{\mathrm{T}}$

$x(t) \in \mathbb{R}^{11} \quad v(t) \in \mathbb{R}^2$

問題点：カルマンフィルタはガウスノイズを仮定しているが、GPS誤差はこの仮定を満たさず、推定精度が悪い。

本発明システムの概要

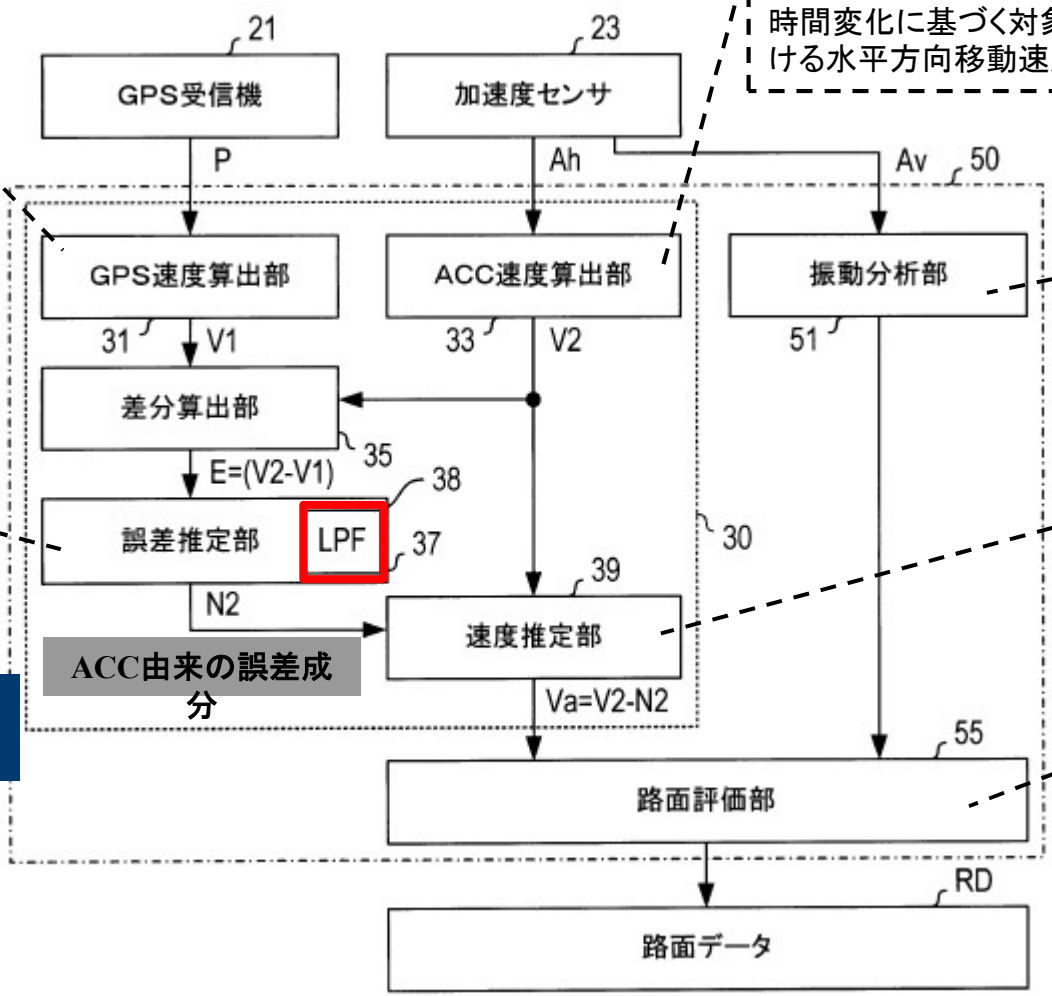
GPS受信機により計測された対象期間の各時点における位置Pを微分処理し、位置Pの時間変化に基づく対象期間の各時点における水平方向移動速度V1を算出する。

差分E(=V2−V1)の時系列データを、ローパスフィルタ(例fc=0.3[Hz])に入力することにより、各時点のACC速度V2に含まれる誤差成分N_ACCを推定する

誤差の差分にLPFを用いるのが本願のポイント

請求項1

GPSによる速度V1は微分して得られるため高域の誤差成分が多い。
一方、加速度センサによる速度V2は積分して得られるため、低域の誤差成分が多い。



加速度センサにより計測された対象期間の各時点における水平方向加速度Ahを積分処理することにより、水平方向加速度Ahの時間変化に基づく対象期間の各時点における水平方向移動速度V2を算出する。

加速度センサから入力される鉛直方向加速度Avに基づいて、鉛直方向振動の振幅及び周波数を含む車両の振動情報を生成

ACC速度V2の誤差成分N2をV2から減算することにより、車両速度の真値V0の推定値である速度推定値Vaを算出

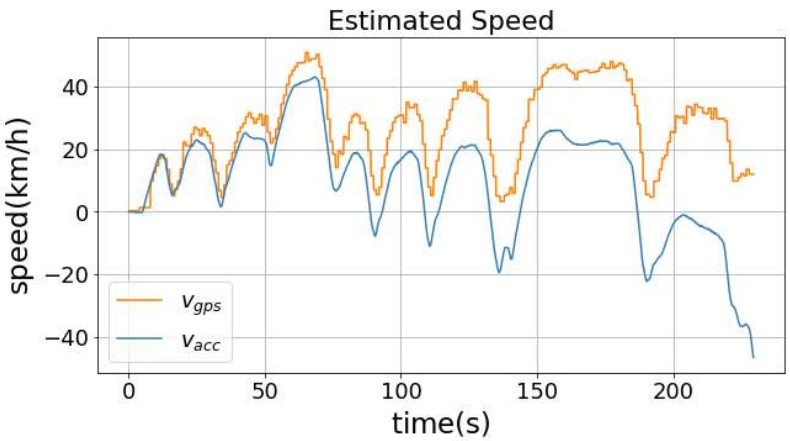
車両走行速度と、振動情報と、予め与えられた車両の振動モデルとに基づいて、車両が走行する道路の各地点での路面の凹凸に関する評価指標である国際ラフネス指数(IRI)を算出

速度推定システム及び路面評価システムの構成

本発明システムの概要

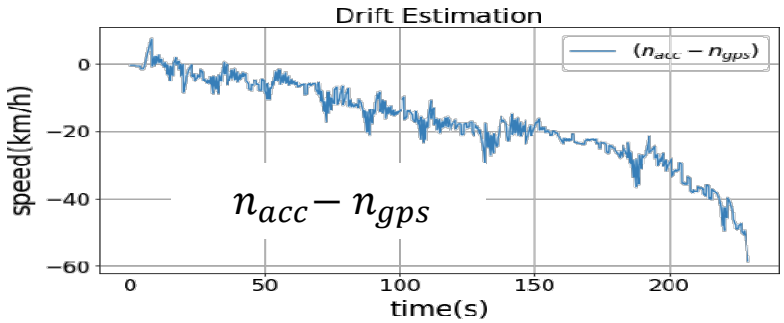
1. ACC速度 v_{acc} とGPS速度 v_{gps} を、真の速度 v_{true} とそれぞれに含まれる固有の誤差 n_{acc} と n_{gps} を用いて次式で表す。

$$v_{acc} = v_{true} + n_{acc}$$
$$v_{gps} = v_{true} + n_{gps}$$



2. ACC速度とGPS速度の差分により真の速度成分を除去し、ノイズ成分の差を求める。

$$v_{acc} - v_{gps} = n_{acc} - n_{gps}$$

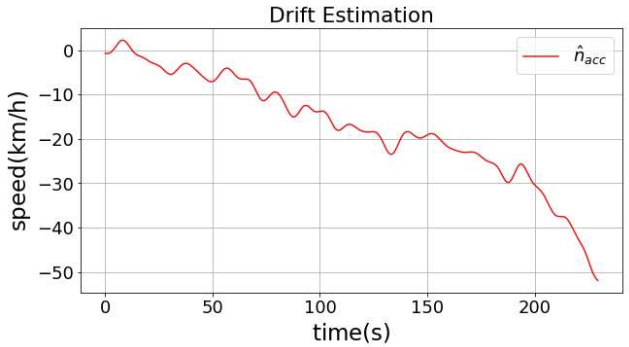


3. n_{acc} は主にトレンド成分、n_{gps} は主に高周波ノイズが含まれる。

本発明システムの概要

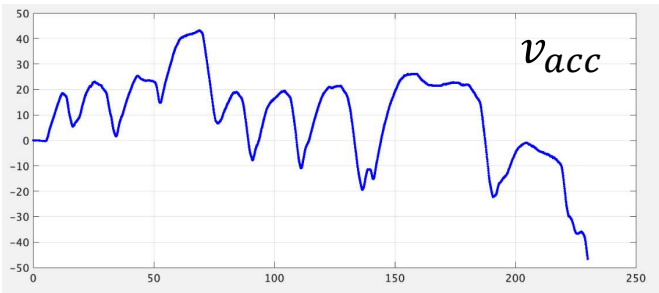
3. ノイズの差に対して低域通過フィルタをかけることで n_{gps} に含まれる高周波ノイズが 0 に近似され、v_{acc} のトレンド成分 $\hat{n}_{acc}$ が推定できる。

$$
\begin{aligned}
& LPF(n_{acc} - n_{gps}) \\
&= LPF(n_{acc}) - LPF(n_{gps}) \\
&\simeq LPF(n_{acc}) \\
&= \hat{n}_{acc}
\end{aligned}
$$



推定された v_{acc} のノイズ成分 $\hat{n}_{acc}$

4. $\hat{n}_{acc}$ を v_{acc} のドリフト推定値とし、 v_{acc} から引くことで車両速度の推定値 $\hat{v}_{true}$ を得る。

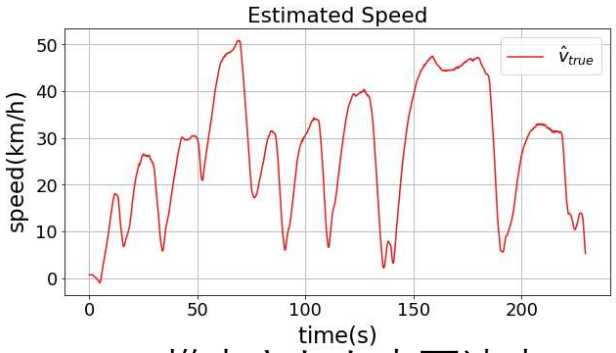


ACC速度

−

ACC速度のトレンドの推定値

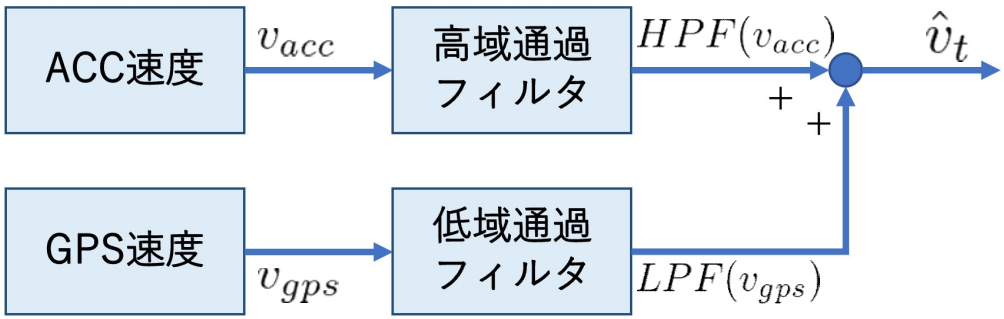
＝



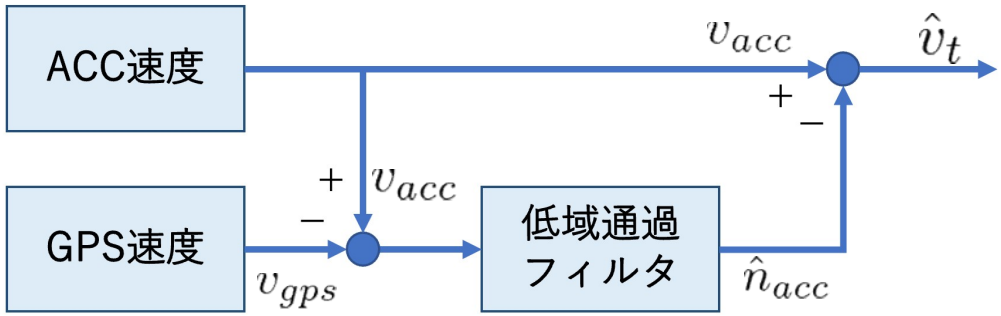
推定された車両速度

従来技術との比較

ー相補フィルタとの原理の違いー



相補フィルタ



提案手法

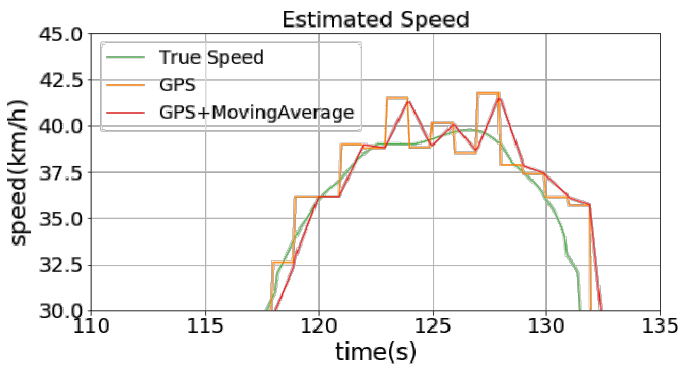
$$
\begin{aligned}
& LPF(v_{gps}) + HPF(v_{acc}) \\
&= LPF(v_t + n_{gps}) + HPF(v_t + n_{acc}) \\
&= LPF(v_t) + HPF(v_t) + LPF(n_{gps}) + HPF(n_{acc}) \\
&\simeq LPF(v_t) + HPF(v_t) + 0 + 0 \\
&= \hat{v}_t
\end{aligned}
$$

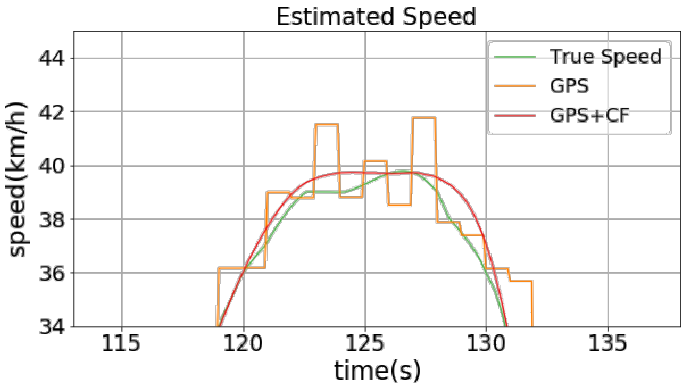
$$
\begin{aligned}
& v_{acc} - LPF(v_{acc} - v_{gps}) \\
&= v_{acc} - LPF(v_t + n_{acc} - v_t - n_{gps}) \\
&= v_{acc} - LPF(n_{acc} - n_{gps}) \\
&= v_{acc} - LPF(n_{acc}) + LPF(n_{gps}) \\
&\simeq v_t + n_{acc} - \hat{n}_{acc} + 0 \\
&= \hat{v}_t
\end{aligned}
$$

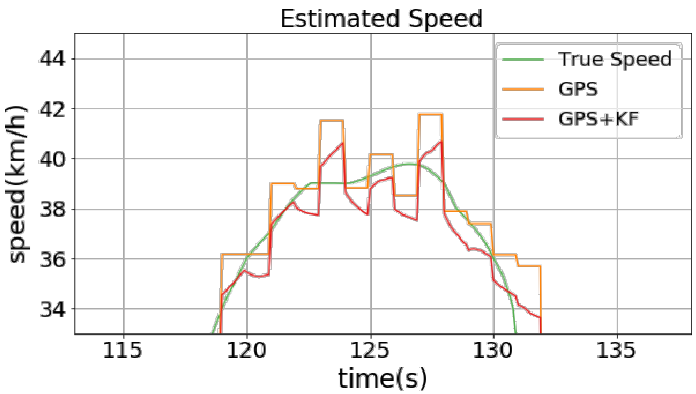
- 相補フィルタでは、 v_t 成分にフィルタを施すため、 v_t 成分に情報の欠損や位相のズレが生じる。
- 提案手法では、フィルタはノイズ成分にのみに適用するため v_t 成分に影響を与えない。

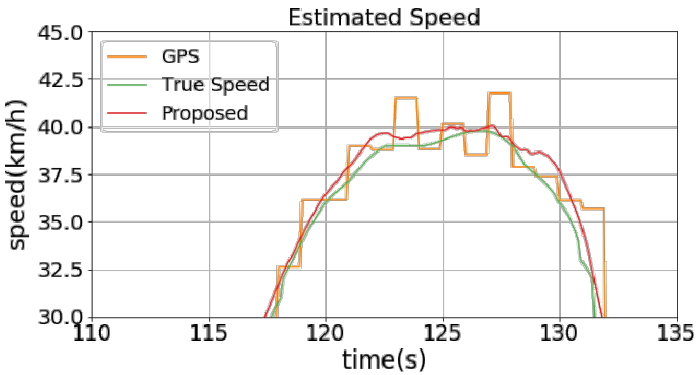
従来技術との比較

ー提案法と他の手法との推定結果の違いー









- 提案手法において二乗平均・絶対値平均が共に最小
- GPS速度と比較して二乗平均で62.2%、絶対値平均で35.5% 改善
- 相補フィルタと比較して二乗平均で32.9%、絶対値平均で18.5% 改善

	GPS	GPS+MA	GPS+CF	GPS+KF	GPS+PF	Proposed
二乗平均	2.9873	5.1409	1.6792	2.3107	4.0527	1.1281
絶対値平均	1.2743	1.6511	1.0093	1.1263	1.5258	0.8224

各手法の速度推定誤差 （km/h）

想定される用途

- スマートフォンのセンサー情報（GPS, 加速度）のみから、移動体の精確な速度を求める。
- 移動体：自動車、オートバイ、ロードサイクル、船舶等

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：　速度推定システム、路面評価システム、コンピュータプログラム、速度推定方法、及び路面評価方法
- 出願番号　：　特願2021-130146
- 出願人　：　岐阜大学
- 発明者　：　深井 英和、小島 鶴人

産官学連携の経歴

- 2018年頃から、JICAプロジェクトの一環として、東ティモール国土開発庁と協議しながらシステム開発開始
- 2019年頃から、岐阜県庁道路維持管理課と協議しながらシステム開発
- 2021年、JST SCORE 大学推進型 大学発新産業創出プログラム に採択

お問い合わせ先

岐阜大学
学術研究・産学官連携推進本部
TEL：058-293-2034
Mail：sangaku@gifu-u.ac.jp