

研究課題 (テーマ)		ドップラーレーダを用いた遠隔ジャーク (加加速度) 推定法	
研究者	所属学科等	職	氏名
代表者	工学部知能デザイン工学科	講師	佐保 賢志
研究結果の概要			
<p>本研究ではドップラーレーダを用いて遠隔から移動体のジャーク (加速度の1回時間微分、加加速度) を推定するための信号処理法及びそのパラメータ設定最適化について検討した。</p> <p>まず、レーダ観測値からジャークを逐次的に推定するフィルタである$\alpha\text{-}\beta\text{-}\gamma\text{-}\delta$フィルタについて、ジャーク推定誤差を典型的な運動目標に対して導出した。このフィルタは従来主に加速度までを考慮して移動体の運動を追尾するカルマンフィルタを、ジャークまでを考慮して拡張した上で定常状態を仮定したもので、位置・速度・加速度・ジャークの推定値と予測値を出力として得ることができる。このフィルタは[Wu et al., 2010]らにおいて提案されたものであるが、その特性および安定条件は明らかにされていなかった。そこで本研究では、等ジャーク目標を追尾した場合、そしてジャークの変動 (スナップ、ジャークの1回微分) が一定の場合について、ジャーク誤差をフィルタ係数とレーダの観測雑音分散を用いて閉じた形で導出した。さらに、その誤差を最小化することによる最適フィルタ係数設定法を提案した。この最適フィルタは、レーダによるジャーク推定誤差の下界を与えるものである。即ち、以下に示すようなドップラーレーダを用いたジャーク推定システムの設計が可能となった。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ドップラーレーダの性能に基づき、その観測雑音誤差分散を見積もる。 2. ジャーク推定の最小誤差と最適フィルタ係数を、観測雑音誤差分散を入力して導出した誤差の最小化問題を解くことで得る。 3. 得られた誤差が、想定するアプリケーションに適用可能かを検証し、当該システムでジャークの遠隔推定が有効かを判定する。 <p>ただし、上記2においてフィルタが発散しない、即ち安定であることが必要である。このため、本研究ではフィルタの安定条件を伝達関数導出と Jury's stability test により解明した。</p> <p>また、上記のフィルタを、直線周波数変調方式ドップラーレーダを用いたシミュレーションに適用し、任意の運動目標に対してジャークが高精度に推定できることを示した。さらに、小型ロボットを目標とした実験を行い、直線周波数変調を用いる簡易なドップラーレーダにより適切なジャーク推定結果が得られることを実環境下で確認した。</p>			
今後の展開			
<p>本研究では、単一のレーダによる一方向のジャーク推定について検討したが、これを複数レーダで任意方向のジャークを推定する方法へ拡張した場合の理論特性解明が必要である。また、理論的特性解明・最適設計には成功したものの、実験的な検討においては簡易な周波数変調方式のドップラーレーダを用い、さらに周囲に障害物のない理想的環境下での小型移動ロボットに対して有用性を示すに留まった。今後は、歩行者のバランス能力評価や車椅子の乗り心地評価などの応用を想定した、より実用的な実験環境下で性能評価する必要がある。</p>			