

電動パワーステアリングを用いた横外乱推定及び直進制御

北野弘明*
栗重正彦**
松永隆徳***

An Assist Control Method for Lateral Disturbance Using an Electric Power Steering

Hiroaki Kitano, Masahiko Kurishige, Takanori Matsunaga

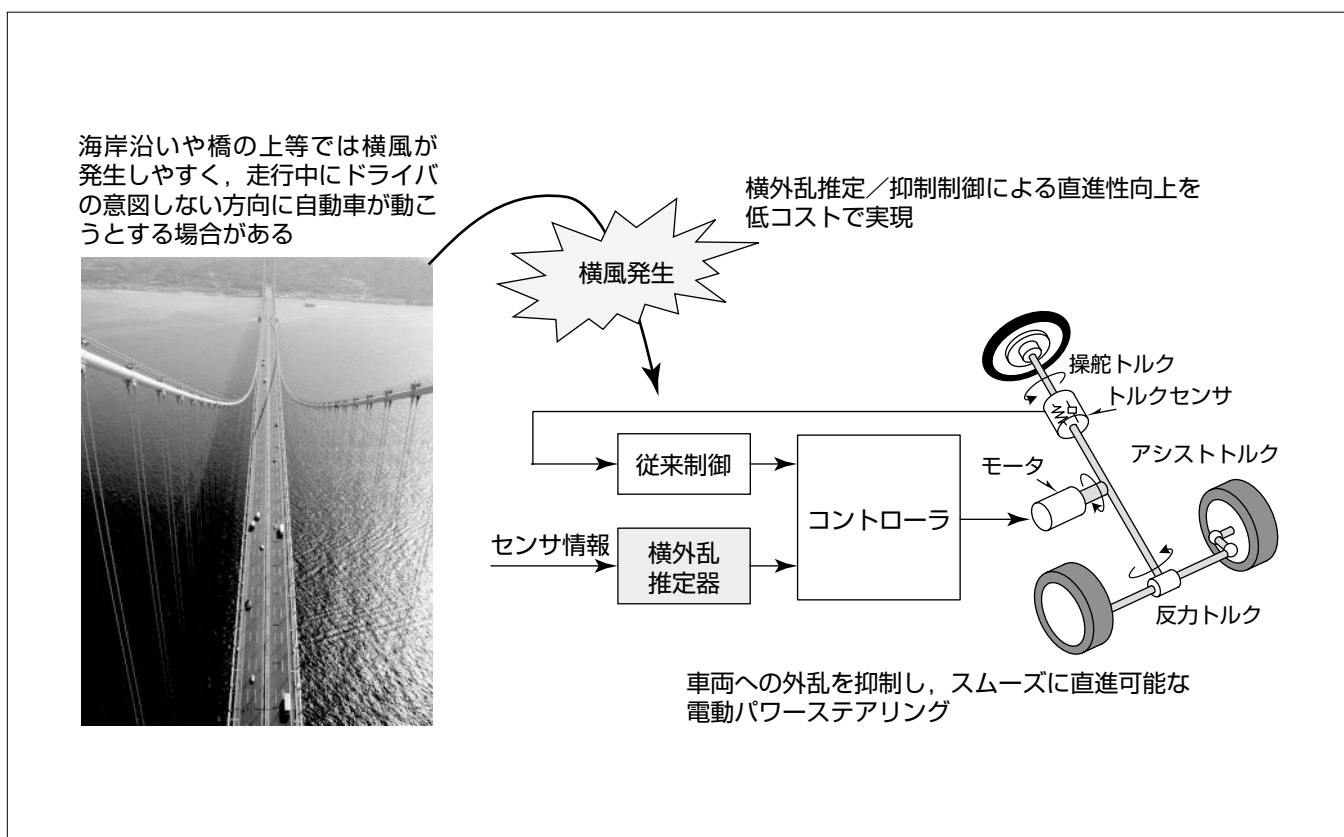
要旨

自動車の直進走行中に急な横風が発生した場合に、ドライバの意図に反して車両が横方向に動こうとする場合がある。特に海岸沿いの道路や橋の上等では、横風が生じやすい。このような横外乱を推定し補償する制御手法が考えられているが⁽¹⁾⁽²⁾、いまだに広く普及しているとは言い難い。この理由の一つとして、従来の手法での横外乱を推定する際の過大な計算負荷が挙げられる。

三菱電機では、少ない計算負荷で横外乱を推定、制御する手法を開発した。計算負荷低減のポイントは横風によって車両を横方向に移動させようとする横力と、車両を回転

運動させようとするモーメントの関係を考慮することによって、横外乱推定器を簡略化したことである。

今回開発した横外乱推定器を用いた推定結果に基づき、電動パワーステアリングの発生するステアリング操作のアシストトルクに、横外乱を打ち消す方向に補償トルクを重畳させることによって、ドライバがステアリングを強く保持していない場合においても、ドライバの意図に反して車両が横方向に動こうとすることを抑制し、低コストで車両の直進性向上を図ることができる。



横風発生時に直進を維持可能な電動パワーステアリング

直進走行中に横風が吹いた場合、ドライバの意図に反して車両が横方向に動こうとする場合がある。車両の運動モデルと実測値との差から横風を推定する横外乱推定器を構築し、横風が発生した場合にも直進を維持できる電動パワーステアリングの制御を開発した。この横外乱推定技術は自動車の予防安全制御の高機能化への応用が期待できる。

1. ま え が き

自動車の直進走行において、急な横風による横外乱が発生した場合、ドライバの意図に反して車両が横方向に動くような場合がある。このような横外乱を推定し補償する制御手法が考えられているが⁽¹⁾⁽²⁾、低価格の自動車へ広く普及しているとは言い難い。この理由の一つとして、横外乱を推定する際の過大な計算負荷が挙げられる。当社では、自動車に備えられた標準的なセンサを用いて、計算負荷を低減し、車両直進中に発生する横外乱を推定、制御する手法を開発した。

2. 横外乱の推定手法

車両が直進走行中に横風が発生した場合、車両にドライバの意図に反して横方向や回転方向の運動が発生し、ドライバによる修正操舵が必要となる。当社では、図1に示すように、横風が車両挙動へと及ぼす影響をモデル化することで、横外乱推定器によって横外乱を推定することが可能となる新しい技術を開発した。本稿では、この推定原理について述べる。

2.1 車両の運動モデル

本来ならば、車両運動は操舵系やサスペンション等の挙動まで含まれる極めて複雑なものであるが、本稿では今回対象とする車両の横方向・回転方向運動を演算可能な最小限の自由度を持つ二輪モデル⁽³⁾を用いて検討を行う。

図1に示すように車両の直進走行中に横風が発生した場合、車両に対して横力とモーメントが発生する。そこで車両の二輪モデルから横外乱推定器を構築し、車両のセンサ情報を用いて横外乱を推定する⁽¹⁾。

2.2 横外乱推定器

先に述べた二輪モデルに対し横外乱を推定する横外乱推定器を構築し、横外乱推定器によって推定された横外乱量に基づき制御を行い、直進性を向上させる。

図2に電動パワーステアリング制御システムのブロック図を示す。ドライバからのステアリング操作が車両へと入

力され、車両挙動に反映される。さらに車両挙動は車両に備えられたセンサのセンサ信号が横外乱推定器へ入力される。そして横外乱推定器は入力信号から横外乱量を推定し、横外乱によって発生する車両挙動への影響を打ち消すように、電動パワーステアリング(Electric Power Steering: EPS)のアシストトルクに補償トルクを重畳させ直進性を向上させる。

2.2.1 横外乱推定器 1

従来の横外乱推定器として、図3に示す車両重心と横外乱作用点が一致すると仮定し、図1の横風によるモーメント ϕ_{mo} を考慮しないモデルを用いた手法が知られている⁽²⁾。しかし横外乱によるモーメントを考慮していないため、推定誤差が発生するおそれがあった。

2.2.2 横外乱推定器 2

2.2.1項で述べた横外乱推定器に横外乱によるモーメントを考慮した手法が知られている⁽¹⁾。横外乱によるモーメントを考慮しているため、横外乱量を正確に推定できるが、モデルが複雑になって計算負荷が高くなってしまおうという課題が挙げられる。

2.2.3 新横外乱推定器

今回開発した横外乱推定器では、横外乱の車両上の作用点(空力中心)と車両重心との距離を l_w として、横外乱によるモーメント ϕ_{mo} を横外乱による横力 ϕ_{cw} から求め、計算負荷を低減した(図3)。

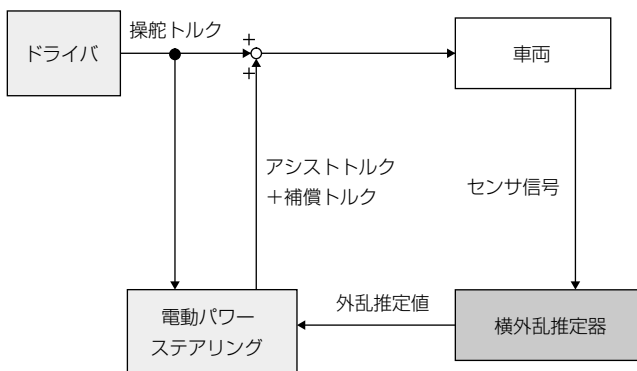


図2. 制御システムのブロック図

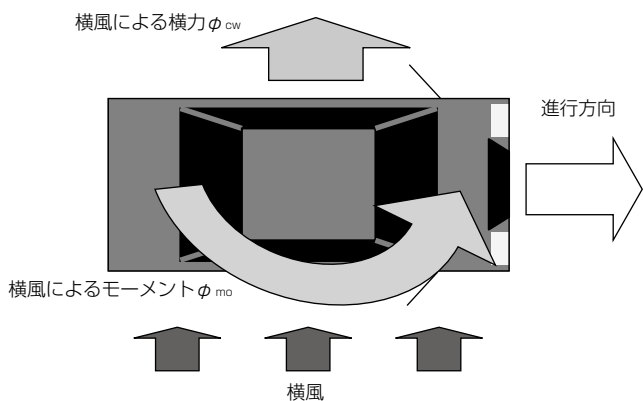


図1. 横風発生時の車両挙動への外乱

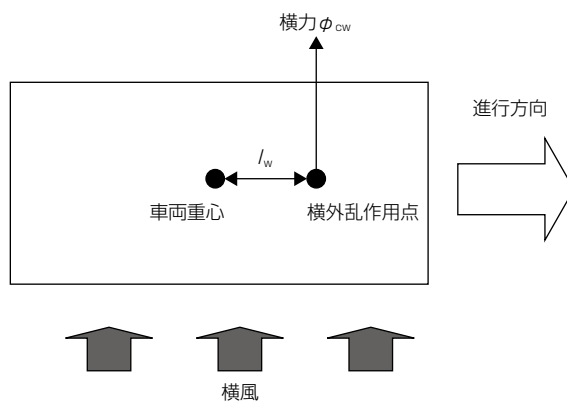


図3. 新横外乱推定器における外乱モデル

3. 直進制御シミュレーション

時速80kmでドライバが手放しで直進中、20m/sの横風がステップ状に発生した場合を想定し、先に述べた横外乱推定器からの推定値に対して、電動パワーステアリングを制御してトルクを発生させ、直進走行を維持しやすいようにアシストを行う。

3.1 横外乱推定器による推定精度

5秒間の走行における2.2節で述べた各横外乱推定器による推定結果を図4～図6に示す。

図4にOhtaらによる横外乱推定器1での推定結果を示す。

Ohtaらの手法では横外乱による横力 ϕ_{cw} しか考慮しておらず、横外乱によるモーメント ϕ_{mo} を考慮していないため、横外乱による横力 ϕ_{cw} の推定値が実際の値に対し5倍程度の値となってしまっている。

次に図5に横外乱推定器2での推定結果を示す。横風外乱の入力がステップ状のため、外乱発生初期は遅れが生じている。しかしながら、横風発生1秒後には横外乱による横力及びモーメントのどちらも推定値と実値が一致し、精度良く推定できている。

図6に今回開発した新横外乱推定器による推定結果を示す。横外乱によるモーメントを考慮しているため、横外乱推定器2と同様に定常状態では推定値と実値が一致するとともに、横外乱発生初期の応答遅れも同等以上で、精度良く推定できている。

3.2 横外乱推定器による直進制御シミュレーション

横外乱に対して直進制御を行わない場合に、先に述べた条件、すなわち手放しで走行した場合の走行軌跡を図7に示す。横外乱によって車両の横方向・回転方向運動が発生し、100m走行(4.5s経過)時に4m程度風下へと流されている。

図8にOhtaらによる横外乱推定器1での推定による直進制御の走行軌跡を示す。先に述べた横外乱による横力 ϕ_{cw} の推定誤差による過大な直進補償トルクのため、100m走行時に逆に5m以上風上側へ移動する結果となった。

図9に横外乱推定器2での推定による直進制御の走行軌跡を示す。横外乱初期の推定に遅れがあるため若干風下側に流されているが、100m走行時に横風による風下への移動量は1m以内に収まっており、横外乱に対する直進性向上を確認できる。

図10に新横外乱推定器での推定による直進制御の走行軌跡を示す。横外乱推定器2と同様に100m走行時に横風による風下への移動量は1m以内に収まっており、新横外乱推定器において、計算負荷を低減させつつ、横外乱推定器2と同等以上の横外乱に対する直進性の向上を確認できた。

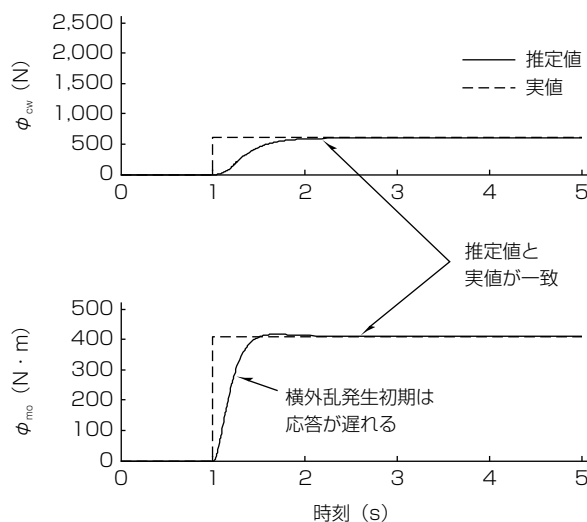


図5. 横外乱推定値(横外乱推定器2)

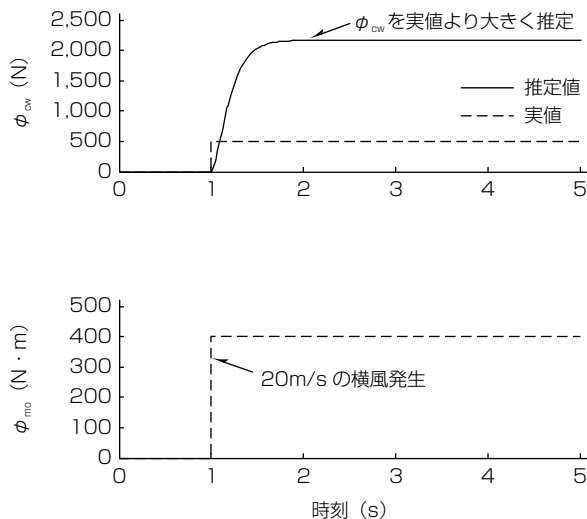


図4. 横外乱推定値(横外乱推定器1)

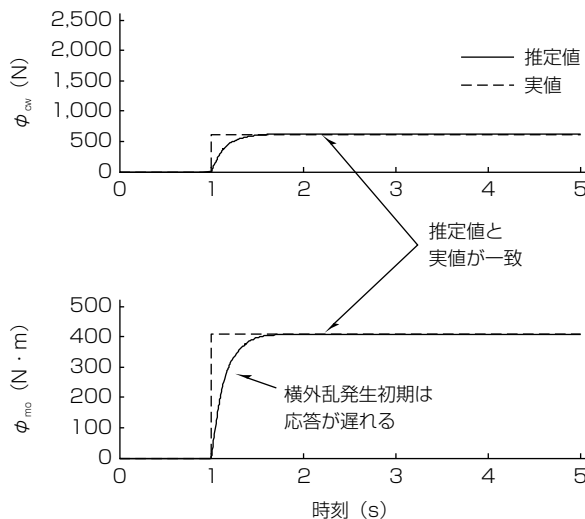


図6. 横外乱推定値(新横外乱推定器)

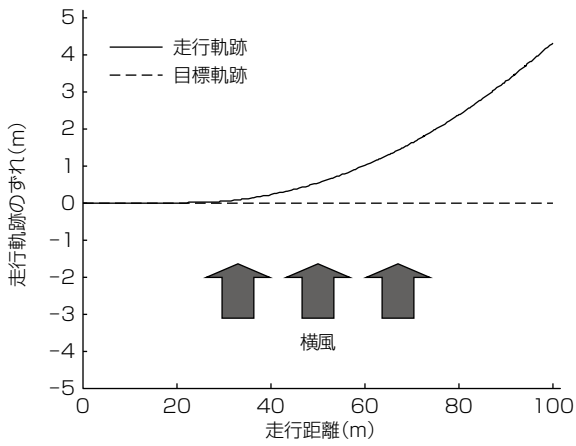


図7. 横外乱発生時の走行軌跡(制御なし)

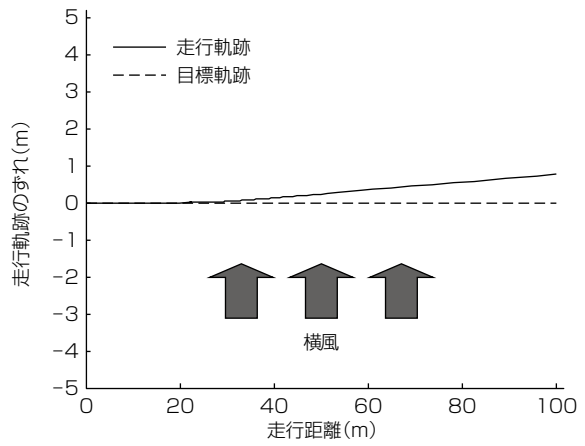


図9. 横外乱発生時の走行軌跡(横外乱推定器2)

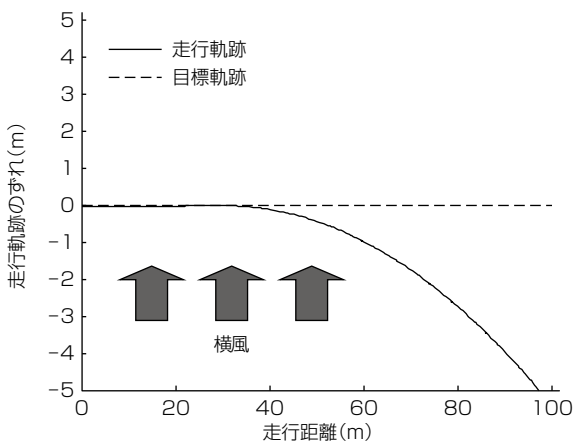


図8. 横外乱発生時の走行軌跡(横外乱推定器1)

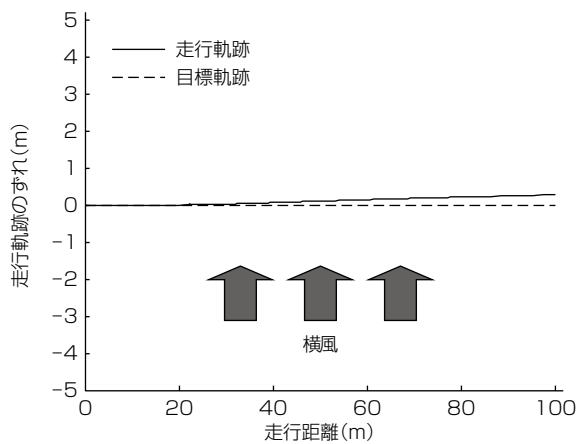


図10. 横外乱発生時の走行軌跡(新横外乱推定器)

4. む す び

当社では横外乱推定手法として、車両を横方向に移動させようとする横力と、車両を回転運動させようとするモーメントの関係を考慮することによって、計算負荷を低減した横外乱推定器を開発した。

開発した横外乱推定器では、横外乱による横力及びモーメントの推定を簡略化したモデルで行うため、従来の横外乱推定器と比較して必要な計算負荷が小さく、また推定精度も同等以上の結果を得た。

従来の横外乱推定器及び新横外乱推定器を用いて直進制御シミュレーションを行い、新横外乱推定器による制御で

は100m走行時に横外乱発生による風下への移動量が1m以内となり、横外乱推定器1を用いた場合と比較して推定精度が向上し、横外乱推定器2を用いた場合と比較して計算負荷を低減し、同等の性能を得ることができた。

参 考 文 献

- (1) 田島一親, ほか: 特開2005-239012 (2005)
- (2) Ohta, T., et al.: Robust Lateral Control System with Steering Torque Assist, Advanced Vehicle Control (2002)
- (3) 安部正人: 自動車の運動と制御—車両運動力学の理論形成と応用, 東京電機大学出版局 (2008)