

Pairdriver™

自動運転のためのステアリング協調制御*1

Steering Collaborative Control for Automated Driving

小路直紀 N. SHOJI 仲出知弘 T. NAKADE 田村 勉 T. TAMURA ロバート・フックス R. FUCHS

Safety and comfort in automated vehicles are related to how the driver and the automation system cooperate during the driving task. We propose a control framework for electric power steering (EPS) under which both manual and automated driving can coexist, and which enables cooperative driving. Sharing manual and automated lateral control provides a new driving experience, where the driver can steer the vehicle over the automation system without deactivation. Manual intervention is intuitive, as the driver only needs to hold, steer, and release the steering wheel. Furthermore, this control provides haptic information*2 about where the automation system is heading when manually steering.

Key Words: shared control, Human Machine Interaction, electric power steering, automated driving, ADAS

1. はじめに

自動運転における安全性と快適性は、運転者と自動運転 (Automated Driving : AD) システムがどのように協調して運転を行うかに関連している¹⁾。SAE (Society of Automotive Engineers) による自動運転レベル4までの車両において、直感的かつ一貫した操作を実現するHMI (Human Machine Interaction) は、自動運転の安全性、快適性、および市場受容性の向上のための重要な要素である²⁾。本報では、手動操舵と自動操舵が共存でき、さらに協調操舵を可能とする電動パワーステアリング (Electric Power Steering : EPS) の制御フレームワーク Pairdriver™*3を提案する。

以降では、第2章で運転タスクの分担に関する説明と先行技術および提案制御の概要を述べ、第3章で制御に関する問題の明確化を行う。その後第4章で提案制御の詳細を述べ、第5章で実車検証の結果を示す。第6章で提案制御の拡張について述べ、第7章で応用例を紹介する。最後に第8章で本報の結論を述べる。

*1 本論文は、自動車技術会2019年秋季大会学術講演会講演予稿集を基に作成した。

*2 haptic information (ハプティックインフォメーション) は、触覚による情報提示。

*3 Pairdriver™ は、ジェイテクトの商標です。

2. 運転タスクの分担

自動運転レベルの低い車両 (SAE レベル1, 2) では、運転の協調は、手動運転と自動運転の間の権限移譲にとどまることが多い。たとえば、手動時のアシスト制御と同様に車線維持支援機能がトルク制御である場合、操舵介入は容易に実現できる。運転者が一定のしきい値以上の操舵力をステアリングホイールに加えると車線維持支援機能は自動的に解除され、運転者の操舵力をEPSのモーターによって増幅するアシスト制御のみが有効となる。操舵介入のためのトルクしきい値は、シームレスに権限移譲を行うために比較的低い値に設定されていることが多い。一方、自動運転レベルの高い車両 (SAE レベル3, 4) では、レーンの中央を正確に追従するためにタイヤの切れ角がEPSのモーターによって制御される³⁾。このような制御構成において操舵介入のしきい値が高い場合、自動操舵時の操舵角度制御と手動操舵時のアシスト制御は互いに対立するため、手動操舵時のアシストトルクは自動操舵にとって外乱となる。つまり、自動操舵中の運転者の操舵力は操舵角度制御によって完全に拒絶されてしまい、運転者が手動操舵することはできない。そこで筆者らの研究グループでは、手動・自動操舵制御間の重み付けによる、自動操舵に対する運転者介入手法を開発し、シームレスかつロバストな権限移譲が

可能であることを確認した⁴⁾。この手法では、手動操舵によって生じる、自動操舵の目標操舵角度と実際の操舵角度の偏差に応じて手動操舵制御（アシスト制御）と自動操舵制御（操舵角度制御）間の重み付けを行うことで、二つの制御の切り替えを行っている。しかしながら、運転者と自動化システムの共存を目的とした制御、シェアードコントロールについては言及されていなかった。

シェアードコントロールの設計概念はこれまで数多く提案されている。先行文献の多くは、運転者と AD システム間の優先順位の決め方や、制御間の競合を防ぐ権限管理方法に重点を置いており、運転者と AD システムが共存できる制御フレームワークを開発するという課題に対する答えとしては不十分である。図 1 は自動運転制御の概略図を示している。まず最も外側のループ（Strategic Planning）で目的地までの静的な地図上の経路を設定し、一つ内側のループ（Tactical Maneuvering）でより局所的な走行軌跡を計算し、さらに内側のループ（Operational Control）で車両運動を考慮した各アクチュエーター（アクセル・ブレーキ・ステアリング）に対する目標値を計算し、最後に各アクチュエーターの制御を行うという流れである。

たとえば、Benloucif らは AD システムが生成する目標軌跡を適宜修正することにより、運転者入力を有効にする制御を提案している⁵⁾。これは図 1 における外側のループ、つまり低周波領域での方法であり、運転者と AD システムの共存のためには応答性が遅い可能性が高い。Cerone らは 2 自由度制御によって、自動レーンキープと運転者操舵を組み合わせる手法を提案している⁶⁾。この手法は図 1 の車両運動制御レベルに配置されるため応答性が早いという利点があるが、この手法の目的は排他的な手動もしくは自動制御モードを実現することである。Abbink らは応答時間を最適化するためのア

クチュエーターレベルでのシェアードコントロールを提案している⁷⁾。しかし、このシェアードコントロールは神経系制御の知見に基づいた制御であり、ロバスト性の低さから安全性に課題がある。Klesing らは SBW (Steer By Wire) を備えたデュアルモードビークル（手動・自動運転の二つのモードをもつ車両）における、AD システムから運転者への権限移譲の手法を提案している⁸⁾。自動運転中に運転者による操舵入力があっても、SBW システムは運転者から独立して車両を自動制御し、同時に運転者の運転の評価を行いながら徐々に権限移譲を行う。

本報では、ステアリングの協調を目的とした手動操舵と自動操舵の共存のための EPS 制御フレームワークを提案する。文献 1) で推奨されているように、提案するシェアードコントロールは応答性の早い操作レベル（図 1 における Operational control）の制御である。技術的には、従来から実用化されている手動操舵のためのアシスト制御と、自動操舵のための操舵角度制御は、どちらも既存の制御構造を変更せずに 2 自由度制御によって同時に動作することができる。本制御は EPS に既存のセンサーのみを用いており、本制御のために新たなハードウェアを追加する必要はない。運転者は運転したいときにステアリングホイールを握って操舵し、自動操舵に運転を任せたいときにはステアリングホイールから手を離すだけでよく、運転者は AD システムの動作中に直感的に手動操舵することができる。操舵介入時にスイッチやボタンの操作をする必要はないため、運転者の作業負荷が低減されるとともに、安全性と快適性が向上する。さらに、運転者は手動操舵中に、ステアリングホイールを介して自動操舵に関するハプティックインフォメーションを感じる事ができる。

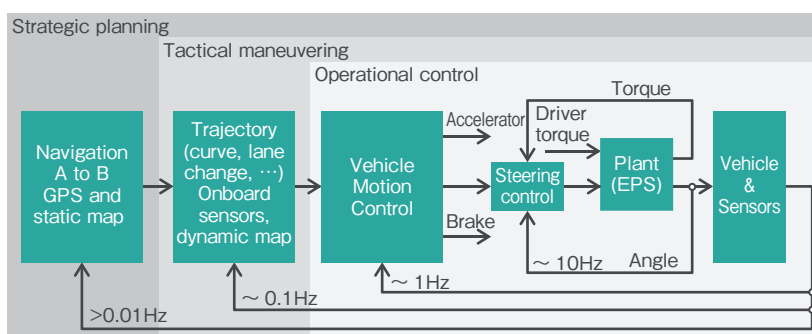


図 1 自動運転制御概略図

Schematic structure of the automated driving control

3. 制御に関する問題の明確化

まず、本報におけるシェアードコントロールおよび協調制御 (cooperative control) の定義を述べる。図 1 に示したとおり、操作制御 (Operational control) は、上位の戦術 (Tactical maneuvering) レベルから指示値を受ける。シェアードコントロールは操作レベル、つまり EPS に実装され、運転者と AD システムが共存できるフレームワークを提供する。これに対して、協調制御は戦術または戦略レベルで考慮される¹⁾ 自動運転機能に応じて、AD システムと運転者の相互作用を制御する。

以下に、本報で提案するシェアードコントロールが満たすべき要件を示す。

- ・ 運転者が操舵介入を行う前は、車両は AD システムが生成する目標軌跡を正確に追従する。
- ・ 運転者が操舵介入を開始しても、自動操舵のための操舵角度制御性能は維持しつつ、車両の軌跡をシームレスに変更できる。
- ・ 運転者は操作介入中に、ハプティックフィードバック (たとえば自動運転の目標軌跡に向かう誘導トルク) を感じることができる。
- ・ 車両が目標軌跡上にある状態 (つまり、自動操舵の角度偏差がゼロ) で運転者がステアリングホイールから手を離れた場合、車両の横運動に急な変動がない。
- ・ 車両が目標軌跡から離れている状態で運転者がステアリングホイールから手を離れた場合、車両は自動で目標軌跡に戻る。

4. ハプティックシェアードコントロール

本章では、本報で提案するハプティックシェアードコントロールの制御構成を述べ、その後ハプティックフィードバックについて述べる。

4.1 制御構造

シェアードコントロールの制御構成を図 2 に示す。図 2 中の $\theta_{m, ad, cmd}$ は自動運転操舵角度指示値 (AD (Automated Driving) 指示値)、 $\theta_{m, md, cmd}$ は手動運転操舵角指示値 (MD (Manual Driving) 指示値)、 $\theta_{m, ma, cmd}$ は操舵角指示値、 θ_m は実操舵角を示している。また、 T_d は運転者トルク、 T_{tb} はトーションバートルク、 T_m はモータートルク、 T_{assist} はアシストトルクを示し

ている。

本制御構成を適用することで、手動規範制御器 (図 2 における Manual Reference Controller : MRC) によって、アシスト制御と操舵角度制御という、相反する二つの制御が一つの制御対象に対して同時に動作することができる。この手動規範制御器は運転者の操舵入力によって生じる EPS の操舵軸上の角度変化を計算する EPS のモデル (たとえば図 3) で構成されている。シェアードコントロールにおいて、この角度変化は MD 指示値として AD 指示値に加算される。そして、EPS は加算後の指示値 ($\theta_{m, ma, cmd}$) に従うように操舵角度が制御される。手動規範制御器は運転者による手動操舵を有効化すると同時に、自動操舵と手動操舵が共存する際の協調特性を定めるという二つの役割を果たしている。

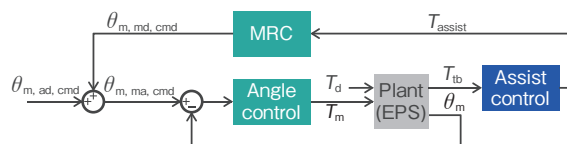


図 2 制御構造
Control structure

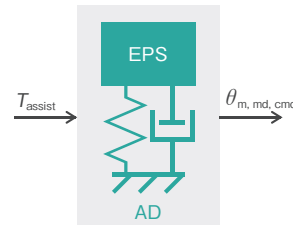


図 3 手動規範制御器の構造例

Example of structure for the manual reference controller (MRC)

4.2 ハプティックフィードバック

先に述べたように、提案するシェアードコントロールの目的の一つは、手動操舵中に運転者にハプティックフィードバックを与えることである。この機能は手動規範制御器における EPS の仮想的な負荷によって実現することができる。つまり、この負荷をどのようにモデル化するかによって、操舵感や安全性、その他さまざまな目的に応じた設計および調整が可能である。たとえば、EPS の慣性を絶対的な路面にばね・ダンパーによって接続するという負荷を用いれば、運転者は手動操舵中にこのばね・ダンパーに基づく反力トルクをハプティックフィードバックとして感じることができる。さらに、自

自動操舵の目標軌跡方向に向かうトルクを運転者に対して与えるように設計することもできる。図3はその機能の構造例を示しており、EPSの慣性を絶対的な路面ではなくAD指示値に接続している。このようにすることで、運転者は自動操舵の目標軌跡からの逸脱量に応じた反力トルクをハプティックフィードバックとしてステアリングホイール上で感じることができる。さらに、ばねの特性により、運転者がステアリングホイールから手を離すと車両は自動的に目標軌跡に戻る。つまり、運転者はADシステムの動作を触覚的に感じることができ、突然手を離すような誤操作を行ってもシームレスに自動操舵に戻るといふ、運転者と車両の双方に対して安全上のメリットがある。

5. 実車検証

シェアードコントロールを実装した車両において、自動操舵中に手動操舵介入を行うというシナリオで検証を行った結果を図4に示す。図4上部はトルクセンサーによって計測された運転者トルク、下部の水色線はステアリングホイール角度、桃色破線はAD指示値を示している。ADシステムの目標軌跡は、ワインディングロードの中央を走行するような軌跡を描いている。走行中の約8秒から14秒の間に、運転者は車両を道路障害物から遠ざけるような操舵介入を行った。この図から、手動操舵介入前後ではステアリングホイール角度が、目標軌跡に追従するためのAD指示値に正確に追従できることがわかる。また、手動操舵介入時にはAD指示値に

対してMD指示値が重畳され、手動・自動操舵制御を切り替えることなく手動操舵ができることを確認した。さらに、操舵介入中には運転者に対して、自動操舵の目標軌跡方向への反力トルクがハプティックフィードバックとして与えられる。これは、図4の下部の角度に関する図においてステアリングホイールの角度の符号が変化しているにも関わらず、同時刻の上部のトルクの図においては運転者トルクが一貫して同符号であり、常に自動操舵の目標軌跡方向へのトルクが計測されていることからわかる。

6. 機能の拡張

本章では、第4章で述べた基本制御構造に対する機能の拡張について述べる。

6.1 ハプティックフィードバックの拡張

4.2節ではばね・ダンパーで定義したハプティックフィードバックについて説明した。この場合、運転者が感じる反力の特性はどのような走行状況であっても一定になる。ここで、状況に応じて可変の負荷を用いることで、操作介入時の操舵感の向上が期待できる。たとえば車速に応じてばね・ダンパーの特性を変える方法や、実際の路面からの反力トルクを計測し、それに応じた負荷を設定するなどの方法が考えられる。他にも、カメラなどの交通環境を認識するためのセンサーを用いることで、走行レーンにおける車両の位置や、障害物との距離に応じたハプティックフィードバックを与えることができる。

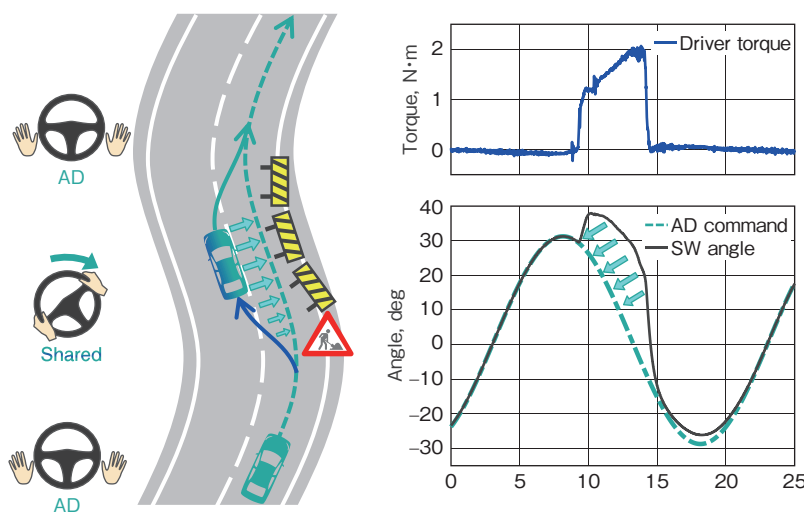


図4 実験結果
Experimental result

このことで、運転者はステアリングホイールを介して直感的に自車両周辺の状況を感じることができる。つまり、自動操舵と手動操舵が協調して走行できるので安全性が向上すると考えられる。

6.2 手動操舵／自動操舵への移行

これまで述べてきたシェアードコントロールは、手動・自動操舵が常に共存しており、制御の切り替えを行う必要がないことが特徴であった。しかし、安全性の観点では、運転者の状態や道路・交通状況などによって、操舵権限を明確に切り分けるような機能も必要であると考えられる。この機能によって、上位のレベル、つまり戦術または戦略レベルの指示にしたがって、操舵モード（手動のみ、自動のみ、手動・自動の共存）の選択を行うことができる。ここでは、戦術・戦略レベルの制御が運転者の覚醒度や操作状態、交通状況などを評価し、運転権限の指示を計算する状況を想定している。

図5に操舵モードの拡張を行ったシェアードコントロールの制御構造例を示す。手動・自動操舵に対して制御権限切り替え器を追加することにより、操舵モードを選択、調整することが可能となる。なお、シームレスなモード移行を行うためには、制御権限切り替え器は連続的かつスムーズなフェードイン・アウト機能が望ましい。たとえば、手動・自動の共存モードで走行している際に、手動モードへの移行が権限指示として制御権限切り替え器に入力されると、一定の時間をかけた重み付けによって、緩やかに共存モードから手動モードへと移行するような機能が考えられる。ただし、制御権限切り替え器の特性は状況に応じて都度適切に設定される必要がある。たとえば、自動緊急操舵を行う際には、即座に自動モードに切り替えて回避を優先するような設定も必要である。

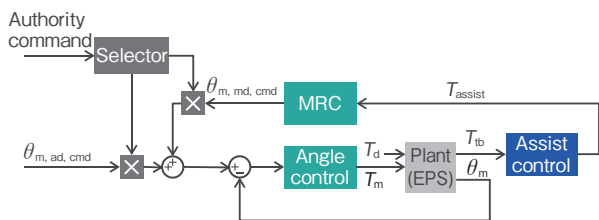


図5 手動操舵／自動操舵への移行
Shift to manual or automated control

7. 応用例

本章では、提案するシェアードコントロールの応用例を紹介する。一般的に、自動運転ではさまざまな操舵機能が必要とされ、さらに、それぞれ個別に開発する必要がある。しかし、シェアードコントロールによって車両の横運動制御を運転者とADシステムが共有できるようになることで、さまざまな操舵機能をシェアードコントロールという一つのフレームワークの中で開発、実装することができる。

7.1 車線中央維持／車線逸脱防止

運転者が主体となるレベル1、2の車両では、レーンの中央に沿って走行できるように操作を支援する機能が搭載されている。シェアードコントロールを用いると手動操舵用のアシストトルクにレーン中央への誘導トルクを重畳できるので、本機能への対応が可能である。一般的には、運転者の操舵力が大きい場合に支援機能が解除される。図5の構成を適用することで、操舵力に応じて、手動モードと支援機能が有効となる共存モードをスムーズに遷移することができる。さらに、シェアードコントロールの場合、操舵角度制御との対立がないので、操舵力が大きい場合でも、手動モードに切り替えず継続的に誘導トルクを発生させることもできる。

他にも、車線逸脱防止機能への対応が可能である。この機能は、一般的には車両と車線までの距離があるしきい値以下になるとレーン中央に戻すトルクをアシスト制御のトルクに加算することで、運転者へ逸脱の危険を伝えるものである。シェアードコントロールを用いることで、車線までの距離に応じて手動規範制御器内の仮想負荷の大きさを変更することで、運転者の操作に対する反力をきめ細かく制御することができるため、安全性の向上が期待できる。

7.2 狭路

手動運転中、道路工事や障害物などによって道路幅が狭まっている場合、運転者は安全のためというよりも自身の安心感のために、対象物から遠ざかるようレーン内もしくは車線を越えて車両の位置を調整することが考えられる。自動運転中にこのような状況に差し掛かった場合、ADシステムにとって安全であれば、たとえレーン内に余裕があっても、障害物に対して必要以上に余裕を持たず、すぐ側を通過することが考えられる。このよう

な動作は運転者に無用な不安感を生じさせる可能性がある。さらに、もし事故や工事などによって一時的に一方のレーンが通行止めとなるような状況であれば、ADシステムが正しく対処できず安全に通過できない可能性もある。図6に示したように、以上のような場合においても、本制御を用いることにより、運転者はADシステムを停止させることなく、手で車両の位置を一時的に調整することができ、安全かつ快適に通過することができる。

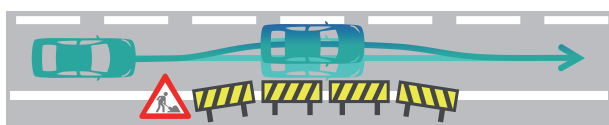


図6 シェアードコントロールを利用した車両の位置調整の例

Example of adjustment of vehicle positioning using shared control

7.3 回避操舵アシストおよび自動操舵回避

回避操舵アシストや自動操舵回避は自動緊急ブレーキと同様に、自車両および周囲の安全性の向上に貢献するため近年注目されている技術である¹⁰⁾。回避操舵アシストは、衝突の危険が迫った際に運転者が操舵すると、衝突回避の方向に導くような操舵アシストが行われる機能である。あくまでも手動操舵をアシストする機能であるため、運転責任は運転者が担う。ガイダンス制御と同様に、この回避操舵アシストは手動規範制御器において単純に回避トルクを重畳するだけで実現することができる。

一方、自動操舵回避は、特にADシステムが運転責任を担う場合に、次に示すような課題がある。まず、緊急操舵によって別の事故を引き起こさないようにすることである。さらに、ステアリングホイールが急に大きく動くことで運転者の腕がステアリングホイールに巻き込まれるなどの危害が及ぶ可能性がある。後者の課題は、ステアリングホイールとタイヤが機械的に切り離されたSBWで解決することができるが、すべての車両にSBWを搭載することは現実的ではない。本制御は常に運転者の操舵入力を許容するため、EPSであっても運転者に対する危害を防ぐことは可能である。具体的には、仮に自動操舵回避開始時に運転者の腕がステアリングホイールに巻き込まれる位置にあるとしても、腕にかかる力は自動操舵のための操舵角度制御に起因する大きな力

ではなく、手動規範制御器において設定した力となる。この場合自動操舵回避による回避は不十分なものとなる可能性があるが、運転者の負傷は防ぐことができる。なお、緊急回避と運転者の負傷防止、どちらを優先するか判断に応じて制御モード（自動または共存モード）を切り替えることができる。

7.4 TOR (Take Over Request) *4

TORは、ADシステムの限界が予想される場合に手動運転を行うよう車両から運転者に対して行われる要求である。TORは自動運転が強制的に停止される数秒前に発信されるが、TOR発信から自動運転停止までの間、どのようにして運転権限の受け渡しを行うかは安全上の課題である。たとえば、単純な切り替え制御の場合、運転者が交通状況を認識・理解し、運転準備が整うまでに必要な時間をあらかじめ計算し、その時間よりも前もってTORを発信しなければならない。本制御を用いると排他的な切り替え制御を行う必要がなくなるため、このような課題に対応することが可能である。図7にその一例を示す。自動運転中にTORが発信されると、まず自動モードから共存モードに移行し、自動操舵を継続しながら運転者がいつでも手動操舵ができる状態にする。運転者が車両の制御を取り戻すことを判断した場合、スイッチなどの入力装置により自動運転を自ら停止し、手動モードに移行させることができる。運転者がTORに反応できず手動操舵を行わなくても、共存モードが有効であるため、特別な設定変更をせずにADシステムによるMRM (Minimal Risk Maneuver)を開始することができる。このようにTORのような技術的困難が伴う場面において、本制御は一貫した操作を提供することができる。

*4 システムが発する運転の交替要請

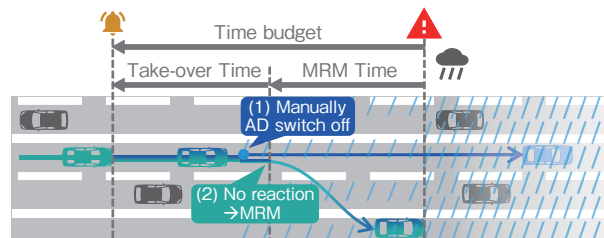


図7 TORへの応用例
Example of application to a TOR

7.5 SBW における操舵介入

SBW のメリットとして、タイヤ側とステアリングホイール側が機械的に切り離されているため、自動運転中はステアリングホイールの動きを止め、運転者の快適性を向上できる点が挙げられる。しかしこの場合、運転者が自動運転中に操舵介入して手動操舵を行うと、ステアリングホイールとタイヤの切れ角が揃っていない状態で手動操舵に切り替わってしまうという問題を引き起こしてしまう。したがって、切り替え時にはステアリングホイールとタイヤの切れ角を同期させるといった機能が必要である。このための単純な方法として、運転者の操舵を起点として一定の時間で角度同期を完了することが考えられる。この時間は、運転者の手動操舵を阻害しないように十分短い時間でなければならないが、ステアリングホイールが急に動くことで運転者に危害を与えないように十分長い時間でなければならないという背反がある。シェアードコントロールはこの背反に対する解決策となる。

図8に示したように、シェアードコントロールをタイヤ側、つまりラック&ピニオンギヤ側と、ステアリングホイール側、つまり反力ユニット（コラム）側の両方に実装する。ここで、図中の θ_{gear} はピニオン軸上に換算したタイヤ切れ角、 $\theta_{m,c}$ は反力ユニット側の実舵角を示している。この構成において、運転者がステアリングホイールを把持していることが検出されると角度の同期が開始される。具体的には、図8内のスムーズスイッチによって、ステアリングホイール側の角度指示値がロック状態から自動操舵指示値に切り替わり、 $\theta_{m,c}$ と θ_{gear} が同じ角度に制御される。シェアードコントロールをSBWに適用する第一のメリットは、角度同期がどのような段階であっても運転者の介入が有効であることである。第二のメリットは、自動操舵回避での例と同様に、ステアリングホイールが急回転しても運転者の負傷を防止できることである。動作例として次のような二つの状況が考えられる。運転者がステアリングホイールに触れているだけの場合、ステアリングホイールの角度がタイヤの切れ角に同期する。一方、ステアリングホイールをしっかりと握って操舵した場合、手動規範制御器によってタイヤの切れ角がステアリングホイールの角度に同期するように動作する。

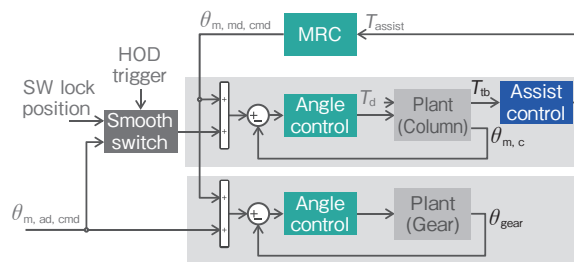


図8 SBW への適用例

Example of shared control applied to a SBW system

8. おわりに

手動・自動操舵が共存できるEPSの制御フレームワーク、ハプティックシェアードコントロールを提案した。自動と手動が共存するモードでは、手動規範制御器によってハプティックフィードバックを制御することで協調特性をフレキシブルに変更可能である。また、制御モード切替器を適用することで、手動操舵および自動操舵へ移行することができる。本制御構成を用いることで、自動運転で必要とされるさまざまな操舵機能を、一貫したフレームワーク内で実装できる。

技術的には、本制御はEPSに既存のセンサーのみを用いており、本制御のために新たなハードウェアを追加する必要はないため、既存のEPSに対する適用性を備えている。手動操舵のためのアシスト制御と、自動操舵のための操舵角度制御は、どちらも既存の制御構造を変更せずに用いることができ、さらにそれぞれ独立してアップデートすることができる。二つの制御を共存させるために必要なものは手動規範制御器のみである。

運転者の観点では、ステアリングホイールを介したハプティックフィードバックによって自動操舵の意図をトルクとして感じることができるので、自動操舵と協調しながら走行するといった運転体験が可能となる。

参考文献

- 1) F. Flemisch, D. Abbink, M. Itoh, M-P. Pacaux-Lemoine, G. Weßel: Shared Control is the Sharp End of Cooperation: Toward a Common Framework of Joint Action, Shared Control and Human Machine Cooperation, IFAC PapersOnLine, Vol. 49, No. 19 (2016)72-77.
- 2) Surface Vehicle Recommended Practice - Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles,

- J3016, SAE International(2014).
- 3) A. Seeck: Automated Driving: German Status and Euro NCAP's Approach, NCAP & Car Safety Forum, Tokyo(2018).
 - 4) M. Moreillon, T. Tamura, R. Fuchs: Transfer of Lateral Control Authority for Automated Vehicles, JSAE Congress (Autumn), Nagoya(2018).
 - 5) M. A. Benloucif, A. T. Nguyen, C. Sentouh: A New Scheme for Haptic Shared Lateral Control in Highway Driving Using Trajectory Planning, 20th IFAC World Congress, Toulouse(2017).
 - 6) V. Cerone, M. Milanese, D. Regruto: Combined Automatic Lane-Keeping and Driver's Steering Through a 2-DOF Control Strategy, IEEE Trans. on Control Systems Technology, Vol. 17.1(2008)135-142.
 - 7) D. A. Abbink, M. Mulder, E. R. Boer.: Haptic Shared Control: Smoothly Shifting Control Authority, Cognition, Technology & Work, Vol. 14.1(2012)19-28.
 - 8) J. Klessing, J. Zuraski, A. Rezaeian: Steering on Demand for Dual-Mode Vehicles, 9th International Munich Chassis Symposium 2018, Springer Vieweg, Wiesbaden(2019)539-549.
 - 9) M. Moreillon, T. Tamura, R. Fuchs: Detection of the Driver's Hands On and Off the Steering Wheel for ADAS and Autonomous Driving, 7th Int'l Munich Chassis Symposium 2016, Springer, (2017).
 - 10) Euro 2025 Roadmap, In Pursuit of Vision Zero, Euro NCAP, (2017).

筆者



小路直紀*
N. SHOJI



仲出知弘**
T. NAKADE



田村 勉**
T. TAMURA



ロバート・フックス**
R. FUCHS

* 自動車事業本部 先行システム開発部

** 研究開発本部 システム創生研究部