

# 9 Haptic shared control と

## その自動運転への応用

### 1. Haptic shared control とは

人間と機械のそれぞれが知覚から操作までを一貫して行うことで、一つの動的タスクを実行する制御形態は、shared control と呼ばれています。機械による自動制御の強度を調整することで、完全な手動制御と、完全自動制御や、その中間状態を作り出すことができます (図 1)。

Shared control のなかでも、人間と機械が、1つの操作入力デバイス (自動車のハンドルなど) に力を及ぼすことで制御対象 (自動車等) を操作する制御形態は、haptic shared control (触力覚共有制御) (HSC) と呼ばれます (図 2)。人間は、機械が操作入力デバイスに加えた操作を触力覚 (haptics) として知覚でき、それと同時に人間はその操作入力デバイスに力を加えることで操作を行います。このように人間と機械が触力覚を介して情報 (操作意図) をやり取りしつつ、一つの動的タスクが実行されます。

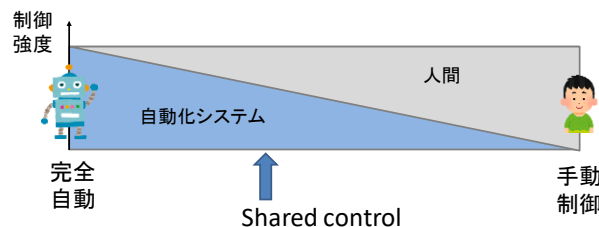


図 1 手動制御と完全自動制御をつなぐ shared control

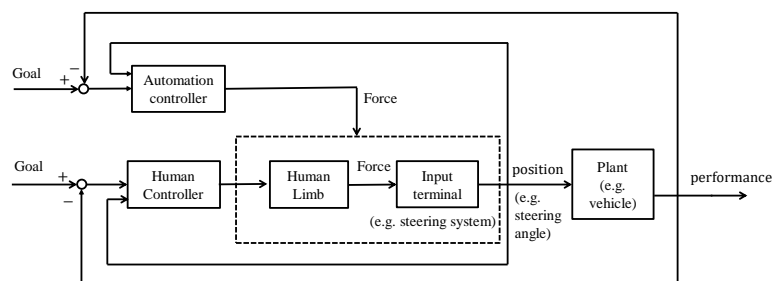


図 2 Haptic shared control

HSCは自動車、ロボット、リハビリテーションロボットなど様々な分野で用いられています。自動車制御の分野でも、車線追従のための操舵制御や、前後方向におけるアクセルペダル制御、障害物の回避など多くの例があります。

HSCにおいては、には人間と機械システムなどの2つ（以上）の知的エージェントが存在し、それぞれが異なる制御目標を持つ可能性があるため、両者の協調状態が系全体の性能に大きな影響を及ぼす点に注意が必要です。協調状態の評価方法等については色々な議論がありますが、ここでは深入りしないことにします。

## 1.2 自動運転におけるHSCの活用

SAE J3016(2016)のLoDA3のように人間がシステムからの介入要請(RTI)に対応して、自動運転に介入する状況を考えると、shared control (HSC)の活用が有効と考えられます。

## 2 権限委譲

### 2.1 権限委譲の難しさ

LoDA3相当の自動運転では、システムからの要請によりドライバは運転の引き継ぎを行うことが期待される。この権限委譲のプロセスにおいては以下のような難しさがあります。

- 1) ドライバが急に運転体勢に入られない。
- 2) RTI発行時/権限委譲時にドライバの状況認識が十分でない。
- 3) ドライバが運転準備ができていると判断しても、運動制御のレベルで準備万端とは限らない。
- 4) 権限委譲時に操舵および車両運動が不安定になる。
  - 4-1) 権限委譲時に車両運動メンタルモデル再獲得に時間が必要。
  - 4-2) 操舵操作による権限委譲トリガを行う場合、ADSの抵抗トルクが大きい状態から急激に減少すると、操舵が不安定になりやすい。

1), 2) については、RTI発行のタイミングやドライバモニタリングの研究が盛んです。これに対して運動制御に関する困難さ3) 4) については研究がそれほど盛んではありません。我々は運動制御の問題3), 4) は、自動運転モードと、手動運転モードの「中間状態」がないことが問題と考え、中間状態を作り出せるHSCを活用することでこの問題の解説を目指した研究を行っています。以下ではこれについて簡単に説明します。

### 2.2 権限共有モードを介した権限委譲方法

運動制御の観点からスムーズな権限委譲を実現するため、自動運転モードと手動運転の間に、その中間状態である「権限共有モード」を配置し、自動運転と手動運転を連続的に接

続する方法を開発しました。図3に、提案する権限共有モードを用いた権限委譲の方法のイメージを示します。システムからのRTI発行後、ドライバの了解信号（ボタン等）の入力、もしくは予め定めた時間経過後に、権限共有モードに入ります。権限共有モードでは制御強度を下げることで、人間と機械が同時に制御を行える状態（HSC）になります。権限共有モードにおいて、ドライバの権限操舵意図が検出されると権限委譲フェーズに入り、ドライバの操舵行動に応じてHSCの強度が更新（低下）され、最終的に手動運転モードに入ります。

本手法を用いることにより、権限委譲時の操舵安定性、車両安定性が向上すると共に、ドライバの操舵に対するワークロードも大きくは変化しないことが確認されています。またこの手法はやむを得ず曲路で権限委譲が発生した場合でも、操舵安定性が向上することが確認されています。

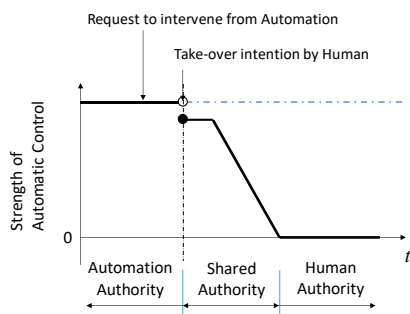


図3 HSC を用いた権限共有モードの導入