

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20760152  
 研究課題名（和文） 自動車の遠隔操縦における視覚情報の運転への影響評価と影響補償の  
 の車両制御の開発  
 研究課題名（英文） Evaluation of influence of visual information at remote control of vehicle and  
 development of remote control system realizing remote control similar to direct driving  
 研究代表者  
 大前 学（OMAE MANABU）  
 慶應義塾大学・政策・メディア研究科・准教授  
 研究者番号：10327679

## 研究成果の概要（和文）：

自動車の遠隔操縦において、カメラの条件や映像の条件などが低速域での運転に与える影響を明らかにし、評価結果に基づき遠隔操縦車両およびその制御を構築した。視覚情報の影響評価により、カメラの視野角の影響が大きく、フレームレートや解像度などの無線通信の性能に依存する条件の影響は相対的に小さいことを明らかにした。さらに遠隔操縦と直接運転の比較においては、体感情報の欠如の影響が小さく、視覚情報に配慮した遠隔操縦にシステムにより、直接運転に近い遠隔操縦を実現できることを明らかにした。

## 研究成果の概要（英文）：

This study developed the remote control system of vehicle for low speed operation based on the evaluation of the relationship between the quality of visual information and the easiness of the remote control. The results of evaluation of the influence of the visual information showed that angles of view of the camera have a significant impact on the remote control and that the remote control is influenced relatively little by the condition of frame-rates of the images or resolutions of the images which is dependent on the performance of wireless communication systems. By comparison of driving behaviors at remote control and direct driving, it was clarified that the influence of the lack of sensory information such as an acceleration, a vibration and a rotation of the vehicle is small and that the developed remote control system realizes remote control similar to direct driving.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

## 研究分野：自動車工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：自動車の自動運転システム（AVCSS）、高度道路交通情報システム（ITS）、遠隔操縦、ヒューマンマシンインタフェース（HMI）、電気自動車

## 1. 研究開始当初の背景

自動車交通の諸問題を解決することを目的として ITS(Intelligent Transport Systems) の名のもとで様々な研究が推進されている。その技術分野の中に運転支援システム、自動運転システムがある。運転支援システムにおいては、認知支援技術(衝突警報、夜間歩行者検出等)、運転支援技術(車線逸脱防止、車間距離制御機能付クルーズコントロール等、パーキングアシスト等)が実用化されている。一方で、自動運転システムは、人の移動、物流における運転負荷軽減、安全性の向上、そして交通容量の飛躍的な増大を実現する技術として期待されているものの、絶対に誤動作を起こさない信頼性の確保等の技術的な課題、事故責任や社会的受容性、制度等の課題があり、現時では専用軌道上での自動運転バス等の限定的な範囲での実用化に留まっている。

自動運転を運転支援の延長としての快適性の向上技術と考えた場合、自動運転が困難な状況においては、手動運転にて走行し、自動運転が可能な状況において、自動運転機能が働くような運用が想定される。しかし、自動運転を高齢者等のモビリティの確保に貢献する技術として考えるのであれば、利用者の一切の手を介さず運用できるようにする必要があり、この実現のためには、

- システムの信頼性を高め、同時に、様々な局面に対応できるようにコントロールレベルを上げる

- 自動運転で対応できない局面について、利用者以外の人々が遠隔地から対応できるようにする

の2つの考え方がある。本研究は、これらの考え方の後者に着目するものである。

自動車の遠隔操縦は、運動の自由度こそ小さいものの、速度の変化が大きい状況で、走路に沿った走行と障害物や前走車との衝突を両立する必要がある。ロボットの遠隔操縦に関する研究やドライバの視覚認知に関する研究は数多く報告されているが、自動車の遠隔操縦に関する研究は比較的少ない。

## 2. 研究の目的

本研究では、自動車の遠隔操縦について、カメラ映像の無線通信による遅れや劣化が操縦に与える影響を補償し、安全な遠隔操縦を実現するための車両側制御系の構築およびその有効性の確認と、遠隔操縦に必要な映像品質および無線通信の性能を明確化することを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究目的の実現のため、二段階の手順で研究を実施した。

第一段階として、縦方向および横方向の運

動において、それに関連する運転操作が直接運転とどのように異なるかを評価し、視覚情報が運転操作に与える影響を評価する。具体的には、運転者が目で直接見て運転した場合と、カメラで撮影された前景の映像を見て運転した場合を比較することによって、カメラの画角(撮影範囲)、フレームレート、映像サイズ、映像解像度の違いが運転に及ぼす影響を実車実験により評価した。

第二段階として、第一段階で明らかにした、視覚情報の影響を考慮して、遠隔操縦システムを構築する。さらに、この遠隔操縦システムにおいては、操縦装置自体を被遠隔操縦車両と同じ形式の車体上に構築することにより、遠隔操縦操作系を用いた直接運転と、遠隔操縦操作系を用いた遠隔操縦による運転結果の比較を可能とする。これにより体感情報の欠如や、通信遅れの影響を明らかにし、直接運転と近い運転結果となる遠隔操縦システムの条件を明らかにした。

## 4. 研究成果

(1) 視覚情報の影響の評価のための実験車両の構築と実験評価

自動車の縦方向および横方向の運動に関連する運転操作において、直接運転とどのように異なるかを評価し、視覚情報が運転操作に与える影響を評価した。この評価のために図1のような実験車両を構築し、前面のディスプレイの映像を見ながら運転することで、カメラで撮像された映像を見た運転を可能とした。ディスプレイを取り除いて運転を行えば、直接目視による運転となる。直接目視による運転とカメラ映像を見ての運転を比較することで、運転における視覚情報の影響を評価した。

評価におけるカメラ条件としては、水平視野角(画角)60度、90度、120度、150度を評価した。図2に各画角における同じ距離にある前走車の見え方を示す。また、カメラ条件を固定した上(視野角120度)、映像条件として、解像度:640ドット×480ドット、320ドット×240ドット、160ドット×120ドット、フレームレート:30fps、15fps、7.5fps、映像表示サイズ:24インチワイドディスプレイへの表示にて、100%、80%、40%を評価した。

運転の条件としては、縦方向の運動に関連する運転操作として、前走車追走、停止を評価し、横方向の運動に関連する運転操作としては、レーンチェンジを評価した。速度は、時速5km、10km、15km、20kmである。

図3、図4は、評価結果の一例である。図3は、各カメラの画角における前走車追従時の車間距離である。図4は、各カメラの画角におけるレーンチェンジ時の、レーンチェンジ距離(操舵開始時の操舵角ピークから、操舵の切り戻し時の操舵角のピークまでの、車

両の走行距離)である。図3、図4の評価結果は4人の被験者の平均であり、直接目視運転時の距離を基準とした比率で示している。これが1に近いほど、直接目視運転に近い運転となっていることを表している。

評価の結果、実験を行った範囲の速度域(時速20km以下)では、縦方向の運動に関連する運転操作、横方向の運動に関連する運転操作において、画角や映像の表示サイズの影響が大きく、フレームレートや映像解像度のような遠隔操縦時の無線通信性能に依存する要素の影響は相対的に小さいことを確認した。また、120度程度の画角があれば、カメラ映像による運転においても、目視による運転に近い運転挙動となることを確認した。

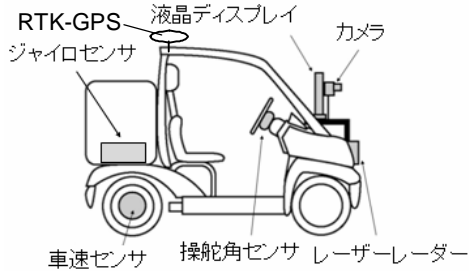


図1 視覚情報の影響評価のための実験車両



図2 画角による前走車の見え方

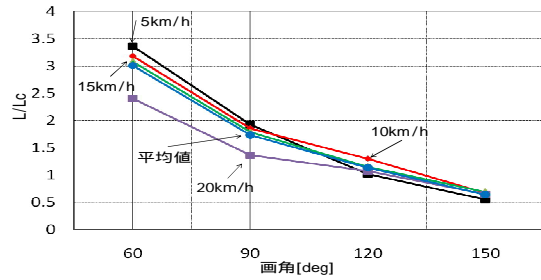


図3 実験結果(車両追走時の車間距離)

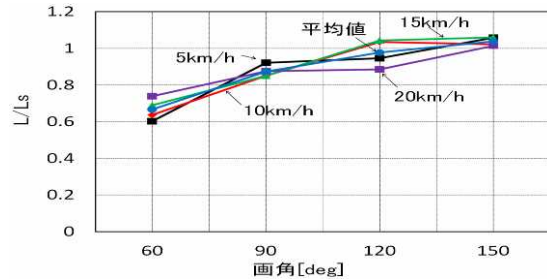


図4 実験結果(レーンチェンジ距離)

(2)遠隔操縦実験車両の構築と遠隔操縦における体感情報の欠如の影響評価

前述の視覚情報の影響評価結果を踏まえ遠隔操縦システムを構築した。この遠隔操縦システムにおいては、操縦装置自体を被遠隔操縦車両と同じ形式の車体上に構築することにより、遠隔操縦操作系を用いた直接運転と、遠隔操縦操作系を用いた遠隔操縦による運転結果の比較を可能としている。図5に構築した遠隔操縦システムを示す。遠隔操縦操作系から被遠隔操縦車両への操作情報の通信は、無線LANを利用し、操作情報の遅れは50ミリ秒以下であることを確認している。また、映像情報については、約200ミリ秒の遅れがあることを確認している。この遅れについては、遠隔操縦操作系を用いた直接運転においても同じであり、無線通信の遅れではなく、映像の信号処理の遅れに起因するものと考えている。また、運転操作の違和感を解消するために、遠隔操縦車からの速度情報を取得し、遠隔操縦操作系のハンドルの反力制御を行っている。

遠隔操縦操作系を用いた直接運転と、遠隔操縦操作系を用いた遠隔操縦による運転を比較することで、自動車の遠隔操縦において、車両運動の体感情報の欠如が運転に与える影響を定量的評価できる。本研究では、視覚情報の影響評価の実験と同様の運転操作(車両追走、停止、レーンチェンジ)について比較を行った。図6、図7に、評価結果を示す。図6は、停止している前走車手前での停止距離、時速5km、10km、15kmでの車両追走時の車間距離であり、図7は、時速5km、10km、

15kmでのレーンチェンジにおける、レーンチェンジ距離(操舵開始時の操舵角ピークから、操舵の切り戻し時の操舵角のピークまでの、車両の走行距離)である。図6、図7の評価結果は4人の被験者の平均であり、遠隔操縦操作系を用いた直接運転時の距離を基準とした遠隔操縦時の割合で示している。これが1に近いほど、遠隔操縦時において、直接運転に近い運転となっていることを表している。

この実験により、実験を行った速度域(5~15km/h)においては、車両の運転を行って自車が動く(搭乗運転)場合と、他車が動く(遠隔操縦)場合では、運転挙動に大きな違いがでないことを確認した。すなわち、遠隔操縦を自動運転の補完的役割に用いることを考える場合、車両を低速で回送するような用途においては、車両の運動を体感できないという遠隔操縦の特徴は、運転挙動に大きな影響を与えない可能性があることを示した。

以上により、本研究では、遠隔操縦に基づく視覚情報の影響を評価し、遠隔操縦において、カメラ条件や映像条件が運転操作に与える影響を明らかにした。さらに、評価結果に基づき、遠隔操縦車両および、その制御系を構築し、遠隔操縦と直接運転を比較することで、本研究で構築した遠隔操縦システムの構成により、直接運転と近い運転操作が実現できることを明らかにした。



図5 自走可能な遠隔操縦装置搭載車両(左)と被遠隔操縦車両(右)

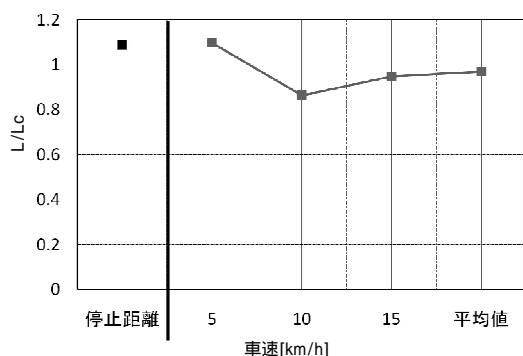


図6 実験結果(前走車手前停止時の距離と車両追走時の車間距離)

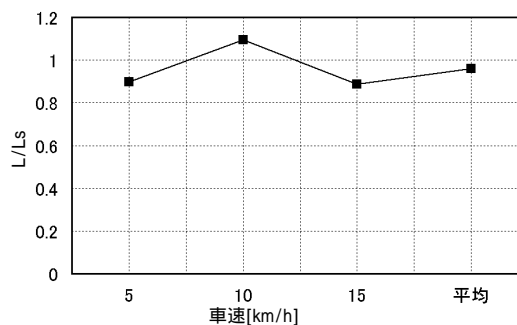


図7 実験結果(レーンチェンジ距離)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計3件)

大前学, 小高悠詩, 藤井健太, 長谷島範安, 清水浩, 「自動車の遠隔操縦における車両運動の感覚情報の欠如の影響を評価するための実験車両の開発」, アドバンティ 2009 シンポジウム講演論文集, (2009), pp.63-66. (2009年12月18日、大阪)

大前学, 藤井健太, 小高悠詩, 小木津武樹, 長谷島範安, 清水浩, 「自動車の遠隔操縦における視覚情報が走行に与える影響の評価」, ITS シンポジウム 2009 Proceedings (2009), pp.255-260 (2009年12月12日、広島)

大前学, 小木津武樹, 藤井健太, 長谷島範安, 清水浩, 「自動車の遠隔操縦における視覚情報の影響を評価するための実験車両の開発」, アドバンティ 2008 シンポジウム講演論文集, (2008), pp.55-58. (2008年12月19日、大阪)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

大前学 (OMAE MANABU)  
慶應義塾大学・政策・メディア研究科・准教授  
研究者番号: 10327679

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし