
令和3年度 修士学位論文

自動運転車両の複数台遠隔管理時の負担軽減に
むけた事前情報提示による追い越し判断と
操舵操作支援方法に関する研究

指導教員 早川 聡一郎 准教授

三重大学大学院工学研究科
博士前期課程 機械工学専攻
人間支援システム研究室

横田 瑞貴

学位論文要旨及び論文目録

学位論文提出者	氏名	横田 瑞貴	専攻	機械工学	講座	量子・電子機械
研究領域名	ロボティクス・メカトロニクス					
学位論文題目	自動運転車両の複数台遠隔管理時の負担軽減にむけた事前情報提示による追い越し判断と操舵操作支援方法に関する研究					
論文審査委員	主査	早川 聡一郎	副査	池浦 良淳	副査	加藤 典彦
学 位 論 文 要 旨						
<p>自動運転車の実現に向けて研究や開発が盛んに行われている。しかし現在の自動運転では車両側だけで全ての運転行動を完遂できない場合もあり、監視者に運転操作の交代を依頼後に運転を引き継ぐ場合がある。監視時の要員削減や負担軽減に向けて、遠隔地から車両を管理し、走行車両に監視要員のドライバをのせず、監視者1人でも複数台車両に対応可能にすることが検討されている。</p> <p>実現に向けて、監視者1人で複数台の自動運転車両を遠隔監視し、必要に応じて操作を行う実証実験が各地で行われている。しかし、管理する台数の増加に伴う負担の増加や、体感情報の欠如による運転操作感覚の違いといった遠隔操作特有の課題があり、車両周辺の状況理解や運転操作のミスが発生する危険性が危惧される。</p> <p>そこで、遠隔監視者の運転時の判断と操作を的確に行えるように、判断と操作の2つの側面から、関連する情報を伝える情報提示支援による解決を試みる。また、実験を行い、提示情報による影響と効果について確認し、結果から遠隔監視時に必要な情報と負担軽減方法について検証する。</p> <p>本研究では、自動運転車両の遠隔監視者に対して、複数台の遠隔監視時に必要と考えられる判断と操作に関する情報について検討し、情報提示による支援を提案し負担軽減について検討する。</p> <p>まず、判断の側面から、自動運転車両からの操作依頼時における情報提示による支援について検討する。自動運転が苦手でありドライバにも負担の高いと考えられる駐車車両回避の場面に想定し、操作依頼発生時において周囲の環境から得られる情報に基づく判断情報などを同時に提示する支援を作成する。具体的には、複数台遠隔監視時に重要と考える操作依頼情報、周辺環境情報、優先順位情報の3つの要素を組み合わせた計4種類の支援を作成し、比較検討を行う。</p> <p>また、操作の側面から、操作感覚が異なる車両の遠隔操作時に車格に応じた適切な運転操作の実現に向けて検討する。複数台管理する状況においては、操作の対象は常に同じ車両とは限らず、車格や特性に応じて操作感覚が都度異なる可能性が考えられる。そのような状況下でも、遠隔操作時に車両諸元や運転挙動に基づいた操作に関する情報を、単純で理解しやすい指標として提示する支援を作成する。具体的には、車格の違いによる運転への影響が大きい回頭性や巻き込みやすさに関する指標を作成し、実験にて検討する。</p> <p>判断の支援と操作の支援による効果を評価するために、それぞれ実験環境を構築し、ドライビングシミュレータを用いて運転実験による検証を実施した。判断の支援実験の結果、適切な判断の実現により運転操作時間が減少し、支援提示による負担軽減効果が確認された。中でも優先順位情報による影響が大きいことが明らかとなった。操作の支援実験の結果、車両走行軌跡より車格に応じた適切な運転操作への効果が確認された。また、支援によって走行のばらつきが抑制される結果の例も見られた。両方の実験の主観評価や運転操作データより、共通して監視者の負担が軽減された。</p> <p>これらの結果から、判断と操作の両方の側面から支援提示により監視者を適切な運転へ導く効果が見られ、負担軽減効果を確認することができた。</p>						
論 文 目 録						
<p>[1] 横田 瑞貴, 堤 成可, 早川 聡一郎, 池浦 良淳: 「駐車車両追い越し場面での自動運転車の遠隔監視者に対する操作の優先度提示支援と提示情報の種類による影響と効果に関する研究」 計測自動制御学会第21回システムインテグレーション部門講演会(2020.12)</p> <p>[2] Mizuki Yokota, Shigeyoshi Tsutsumi, Soichiro Hayakawa, Ryojun Ikeura, 「Research on effects and influence by presenting information on priority order and oncoming vehicle to operators for teleoperation of multiple autonomous vehicles」: 7th International Conference on Man Machine Systems 2021 (2021.10)</p>						
※他, 国際学会1件, 国内学会2件						

目次

目次.....	1
第1章 序論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 本論文の構成.....	6
第2章 複数台同時管理のための情報提示と支援方法.....	7
2.1 支援の目的.....	7
2.2 判断の支援.....	8
2.2.1 操作依頼情報 (F1)	8
2.2.2 周辺環境 (対向車) 情報 (F2)	8
2.2.3 操作車両の優先順位判断情報 (F3)	9
2.2.4 支援の種類と比較.....	10
2.2.5 支援による表示内容.....	10
2.3 操作の支援.....	11
2.3.1 2種類の指標による操作に関する情報提示.....	11
2.3.2 指標の作成方法.....	12
2.3.3 指標1 (回頭性指標)	12
2.3.4 指標2 (巻き込みやすさ指標)	12
2.3.5 指標の表示方法.....	13
第3章 実験.....	15
3.1 判断支援実験.....	15
3.1.1 DSの構成.....	15
3.1.2 支援の条件.....	20
3.1.3 自動走行の設定と手動切り替え.....	20
3.1.4 実験コースとシナリオ.....	21

3.1.5 検証項目	22
3.1.6 実験方法	23
3.2 操作支援実験	23
3.2.1 DS の構成	24
3.2.2 支援の条件	25
3.2.3 実験概要	26
3.2.4 検証項目	27
3.2.5 実験方法	29
第4章 実験結果及び考察	30
4.1 判断実験結果	30
4.1.1 各支援での追い越し完了までの時間	30
4.1.2 追い越し時間の増減率	31
4.1.3 主観アンケート結果	32
4.1.4 考察	34
4.2 操作実験結果	36
4.2.1 車両ごとの走行軌跡	36
4.2.2 主観アンケート結果	37
4.2.3 考察	39
第5章 結論	41
5.1 まとめ	41
5.2 今後の課題	41
参考文献	43
謝辞	45
付録	46

第1章

序論

1.1 研究背景

現在、自動車の自動運転技術は、多くの研究機関・企業によって研究・開発が行われている。例として、愛知県の自動運転推進事業は2015年以降企業と共に自動運転に取り組んでおり、2018年には2台の車両が同時走行する実証実験を実施している⁽¹⁾。自動運転に自動運転技術は交通事故を減少させ安全性を高める効果が期待される他、ドライバの運転負担軽減、渋滞緩和などの交通障害の改善等の効果が見込まれる。NHTSA(米国運輸省道路交通安全局)の基準では、自動運転技術のレベルはレベル0~5の6段階で定めている。レベル0は人間がすべての運転タスクを行う。レベル1はシステムが人間を時々支援することで、いくつかの運転タスクを実行する。レベル2はシステムがいくつかの運転タスクを事実上実行することができるが、人間は運転環境を監視し続ける必要がある、また残りの運転タスクは人間が事項し続ける必要がある。レベル3はシステムがある条件化の下で運転環境を監視するとともに、いくつかの運転タスクを事実上実行するが、人間はシステムが要請した場合、制御を取り戻す準備をしておかなければならない。レベル4はシステムがある条件化の下で運転環境を監視し、すべての運転タスクを実行することができる。人間は制御を取り戻す必要は無い。レベル5はシステムがすべての条件の下で運転環境を監視し、すべての運転タスクを実行することができる⁽²⁾。これらの自動運転レベルについてまとめた表をTable 1.1に示す。自動運転レベル0~3では人間が運転環境を監視する必要がある、レベル3~5ではシステムが運転環境を監視する。

現在実現している運転支援システムは前述したレベル1, 2に該当するものが多く、例として、『ACC, CACC』⁽³⁾、『衝突被害軽減ブレーキ』⁽⁴⁾、『レーンキープアシスト』⁽⁵⁾が挙げられる。

ACC(Adaptive Cruise Control)は、車両の前方に搭載したレーダを使用することで、前

方を走行する車両との車間距離をセンシングし、前方車との車間距離を一定に保ち、必要に応じてドライバへの警告を行うシステムである。CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control)は、ACCの機能に加え、車同士の通信によってそれぞれの車の加減速情報を共有し、より正確に車間距離の制御を行うシステムである。衝突被害軽減ブレーキは、車両の前方に搭載したカメラやレーダ等の情報から前方の障害物等を検知した場合、ドライバに対して警告を行う。衝突(追突)が回避できない場合にはブレーキの操作の補助を行うシステムである。レーンキープアシストは、車両の前方に搭載したカメラ等で道路の白線等を検知し、走行環境を認識することで車両が走行車線を維持できるよう、ステアリングの操作を支援するシステムである。

これらの技術の発展や、応用を進めることで今後もレベル3の自動運転技術が実用化されることが予想される。自動運転レベル3以上が普及することにより、ドライバの操作ミスが原因となる交通事故件数の減少、高齢化・過疎地域における公共交通機関などのドライバ不足といった社会的な問題の解決につながる。しかしながら、レベル3では、限定された条件下でのみ自動運転が行われるため、指定された条件下に移る際には人間のドライバから自動運転システムへ、指定された条件下から外れる際には自動運転システムから人間のドライバへ、運転の主導権を引き継ぐ必要がある。そのため、運転席または遠隔地から人間による車両の監視が必要である。

また、通常の運転席に座ったドライバでは1台の車両が限度であるが、遠隔管理の場合1人で複数台の同時管理が可能となり、このメリットを生かし、自動運転車両を用いた、運転席に運転手不在で、1人のドライバが遠隔地から複数台の車両を遠隔監視するレベル3の実証実験が各地で行われており、一例をFig.1.2に示す⁶⁾。しかし、現在行われている実証実験では、状況によって遠隔または運転席から操作を行う必要があるため、車両の監視が必要不可欠である。

Table 1.1 Overview of the definition of autonomous driving level

自動運転化レベルの定義の概要

レベル	名称	定義概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が一部又は全ての動的運転タスクを実行			
0	運転自動化なし	運転者が全ての動的運転タスクを実行	運転者
1	運転支援	システムが縦方向又は横方向のいずれかの車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	運転者
2	部分運転自動化	システムが縦方向及び横方向両方の車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	運転者
自動運転システムが（作動時は）全ての運転タスクを実行			
3	条件付運転自動化	システムが全ての動的運転タスクを限定領域 ¹⁾ において実行 作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に回答	システム（作動継続が困難な場合は運転者）
4	高度運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への回答を限定領域において実行	システム
5	完全運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への回答を無制限に（すなわち、限定領域内ではない）実行	システム

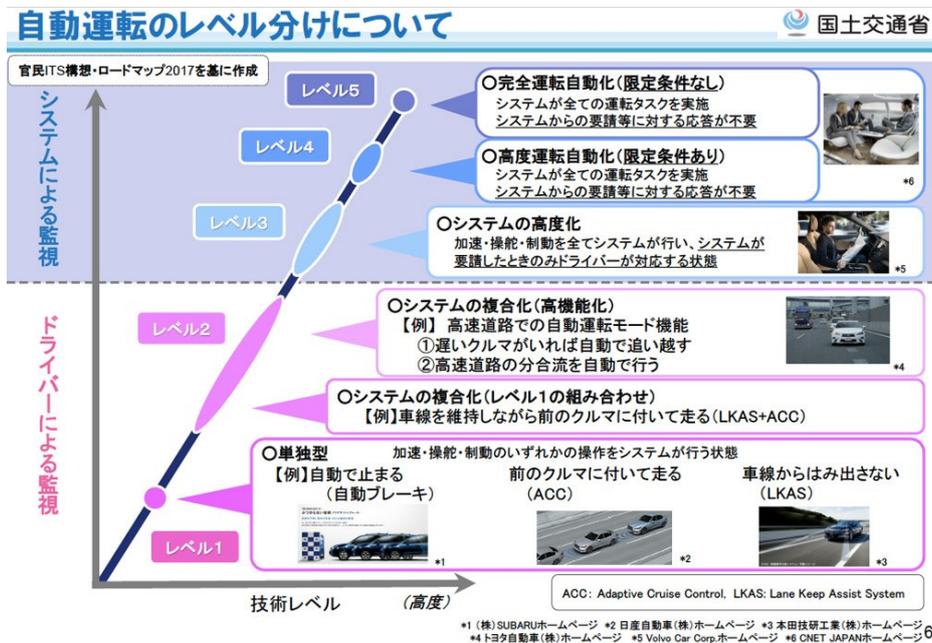


Fig.1.1 Autonomous driving level



Fig.1.2 Fukui Prefecture demonstration experiment

1.2 研究目的

現在各地で行われている自動運転車両の実証実験では、前方駐車車両などの障害物回避時においてドライバーによるハンドル操作を必要とする場合がある。その際、遠隔監視者は自動運転車両を遠隔地からモニタで監視しているため、車両運転席に乗車していない。そのことから、通常のドライバーとは異なり、実際に車両に乗車していないことによる課題がある。具体的には、まず車両に乗車していないことによる、視覚情報、加減速G、振動といった面における体感情報の欠如という課題がある。現状、より自然な感覚で運転できる装置の研究等が行われている⁽⁷⁾⁽⁸⁾が、厳密な再現の困難さなどの課題も残されている。そのほかにも、監視者は車両の異常時やシステム限界時に対応するという立場上、常時緊張状態にないことによる緊張感の欠如や覚醒度の低下といった課題がある⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。それによりシステムの介入要件に対応できない状態にある可能性があり、遠隔での監視となることでより顕著に表れる可能性もある。過去には、2018年にカリフォルニア州で発生したテスラ車の自損事故の例がある⁽¹¹⁾。この事故では、自動走行時に緊急事態が発生し、運転手に対応を要請したにも拘らず、運転手が衝突回避行動を行わなかったために発生した。また、通信環境の側面からの影響として、遅延や情報量の制

限などの課題があり、それにより操作感覚の違和感が生じる可能性がある。これらの課題から、通常の車両の運転とは異なり、遠隔操作特有の操作ミスにつながる可能性がある⁽¹²⁾。また、自動運転車両がより社会に普及した場合、遠隔で管理する必要がある車両の台数も増加することが想定される。遠隔の場合、1人でより多くの台数の管理が可能となる。2台程度であれば、同時に操作依頼が発生する可能性は低く、また発生したとしても2台のみの注視のため、車両の置かれた環境の把握はある程度可能と思われる。しかし、遠隔地にいる監視者1人で複数台の車両を管理する場合、処理できる情報量には限りがある。管理する台数の増加に伴い負担の増加、それらに加えて上記の課題のように遠隔特有のミスが発生する危険性が高まることが想定される⁽¹³⁾。

自動車の遠隔管理や遠隔操作に関して、遅延による影響の補償や運転支援の側面から報告されている⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾。また、人間の追い越し判断の考え方に基づいた運転支援システムや、他者の移動予測に基づいて判断する運転支援システムに向けた提案がされている⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁷⁾。その他にも、カメラ視野角、解像度、体感情報の有無が遠隔操作者の運転挙動に対して与える影響について評価されている⁽¹²⁾。これらのように、遠隔監視や遠隔操作に関しては多くの研究成果が報告されている。しかし、遠隔監視者に対する負担について、支援提示による側面からの評価は行われていない。

本研究では、自動運転車両を遠隔で管理している監視者に対する提示情報について、監視者にとって負担となる判断と操作の2つの側面からの効果的な支援を検討する。

判断の支援に関して、支援の提示タイミングと情報の要素の面から評価する。複数台の遠隔監視時において、対向車との距離感から安全に追い越し可能であるか判断する必要がある。また、複数台同時に操作が必要な状況において、どの車両を先に操作するかといった対象の判断の面において、監視時の負担が大きいことが予想される。このことより、自動運転が苦手でありドライバにも負担の高いと考えられる駐車車両回避の場面に想定し、操作依頼発生時において周囲の環境から得られる情報に基づく判断支援などを同時に提示する支援を作成する。判断支援実験では、この負担が大きい状況においてこれらの提示する情報の内容を変更した実験をドライビングシミュレータにて行い、提示情報の種類による影響と効果について確認し、結果から監視時に必要な情報と負担軽減方法について検討することを目的とする。

操作の支援に関して、操作する車両に関する指標を作成し、支援提示することによる適切な操作の実現に向けて検討する。車両の遠隔操作において、操作の対象は常に同じ車両とは限らず、車格や特性によって操作感覚が都度異なる可能性が考えられる。その

ため、遠隔監視者は操作する車両に応じてふさわしい操作量を判断する必要がある。そこで、操作の支援では、車格や特性に応じた適切な運転操作を導くことに着目した。操作支援実験では、運転操作感覚の異なる車両を用いて適切な運転操作を支援する実験を実施し、そのような状況での支援提示による有効性や負担軽減効果を検証する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を述べる。第1章で研究背景と研究目的について述べる。第2章では、情報提示方法と提案支援について説明する。第3章では、ドライビングシミュレータを用いた実験についての詳細を述べる。第4章では、実験結果と考察について述べる。最後に第5章では、本研究のまとめと今後の展望について述べる。

第2章

複数台同時管理のための情報提示 と支援方法

本章では、遠隔監視者が複数台を同時に管理する際の負担軽減に向けた、情報提示と支援方法について述べる。

2.1 節に支援の目的、2.2 節に判断の支援、2.3 節に操作の支援について述べる。

2.1 支援の目的

1.2 節で述べたように、遠隔ドライバーは遠隔地から複数台の自動走運転車両の車両前方映像を常時監視し、車両周辺状況を監視しているため、負担が大きい等の課題がある。

遠隔地にいる監視者が安全かつ的確に車両を運転するには、車両周囲の状況を監視者に適切に提示する必要がある⁽¹⁸⁾。遠隔監視者は車両周囲の状況を正しく理解した上で、適切な判断を下す必要がある。米陀ら⁽¹⁹⁾の報告のように、車両周辺状況の伝達の側面から検討が行われている。しかし、車両周辺状況に基づき、遠隔監視者が下す判断を支援する研究はあまり行われていない。このことから、本研究では車両周辺環境に基づき、監視者の判断の側面から支援する情報提示に着目した。駐車車両回避場面を例に、支援表示による負担軽減効果と影響を考える。複数台同時管理時における操作依頼時の負担軽減につながる情報について、監視者にとって負担の大きい要素を特定するため、操作依頼情報、周辺環境情報、操作車両の優先順位判断の3種類の要素による支援表示の組み合わせを考えて検討する。

また、自動車の運転時において、運転者は道路のエッジ（縁石）やオプティカルフローを利用して進行方向知覚を促している^{(20), (21)}。これらの視覚情報と運転パフォーマンス

スとの関連が報告されている⁽²²⁾。一方で、遠隔操作の場合普段の運転時とは操作環境などが異なるため進行方向知覚等が難しくなり、普段どおりの運転操作が出来ないといった課題がある。これらの課題から、遠隔監視者に向けた運転操作の側面からの支援が重要と考え、本研究では操作の支援方法について検討する。

2.2 判断の支援

本研究における支援表示の各要素に関して、2.2.1 節では操作依頼情報 (F1)、2.2.2 節では周辺環境情報 (F2)、2.2.3 節では操作車両の優先順位判断情報 (F3) について述べる。また、2.2.4 節では支援の種類と比較、2.2.5 節では支援の表示内容について述べる。

2.2.1 操作依頼情報 (F1)

現在の自動運転では、車両側だけで全ての運転行動を完遂できない場合もあり、車両側が対応できないと判断できれば、監視者に運転操作の交代を依頼する場合がある。本研究の支援情報を提示する条件では、駐車車両を検知後、必ずこの操作依頼の表示が提示される。操作依頼情報 (F1) の表示を Fig.2.1 に示す。

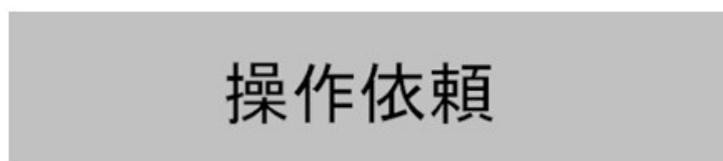


Fig.2.1 Operation request information (F1)

2.2.2 周辺環境 (対向車) 情報 (F2)

駐車車両を対向車線側に回避し、追い越しのような形をとる状況では、対向車の接近情報が重要と考え、車両の周辺環境、特に対向車の接近に関する情報の支援提示を行う。車両の周辺環境に基づき、対向車両の有無による追い越しの可否を監視者に伝える。停車している車両を追い越すと考える場合、停車車両手前から追い越し終わるまでの距離と、最接近時の対向車との距離に余裕を持たせる必要があるため、駐車車両までの距離

の2倍+40[m]以内に車両がいる場合を対向車検知状態とし、いない場合は追い越し可能と提示する。周辺環境情報 (F2) の表示を Fig.2.2, Fig.2.3 に示す。



対向車検知

Fig.2.2 Overtake availability information (F2) (Overtake impossible)



追越可能

Fig.2.3 Overtake availability information (F2) (Overtake possible)

2.2.3 操作車両の優先順位判断情報 (F3)

本実験では、よりスムーズな交通を促すため、先に操作すべき状態であることを判断し、強調通知する支援を行う。駐車車両の回避開始から追い越し終わるまでに必要な対向車との距離を、若干の余裕を待たせて自車から 60m とおいた。その上で、もう一方の車両の対向車との距離が 120m 以上離れている場合、近いほうの車両から追い越し終了後に操作しても追い越し可能と判断できる。すなわち、2 台共に対向車通過前に追い越しが可能な状況下において、片側の対向車との距離が 120m 以上となる場合、もう一方の車両が対向車検知状態に当てはまらなければ、そちらの車両を優先的に行えると判断し、表示を赤色に変更する。操作車両の優先順位判断情報 (F3) の表示を Fig.2.4, Fig.2.5 に示す。



操作依頼

Fig.2.4 Operation priority information (F3)



追越可能

Fig.2.5 Operation priority information (F3) (Overtake possible)

2.2.4 支援の種類と比較

本実験ではこれら3つの要素のありなしを組み合わせ、支援なし、支援A、支援B、支援C、支援Dの5種類を比較し検討する。支援なし条件では何も提示されない。支援ありの条件では必ず(F1)の情報提示があるうえで、(F2)(F3)の組み合わせにより4条件を設定した。支援Aでは情報(F1)のみ、支援Bでは情報(F1)(F2)、支援Cでは情報(F1)(F3)、支援Dでは情報(F1)(F2)(F3)が提示される。条件設定の概要をTable2.1に纏める。

Table2.1 Examination of experimental conditions

		F ₃		without F ₁ , F ₂ and F ₃
		w/o	w	
F ₂	w/o	A	C	no assist
	w	B	D	

2.2.5 支援による表示内容

支援による表示内容は、前方車両検知、操作依頼(F1)、周辺環境情報(F2)の3種類の情報に、優先順位判断情報(F3)を組み合わせた支援情報を表示する。支援の一例をFig.2.6に記す。まず支援の動作状態確認のため駐車車両接近時に「前方車両検知」を表示する。自動走行で回避しないと判断した場合、「操作依頼」を通知する。また、追い越し可能状態の支援提示方法について、対向車検知状態での支援は「対向車検知」と表示する。この範囲内に対向車がない場合、支援は「追越可能」と表示する。優先順位判断情報から先に操作できると判断された車両の支援の表示を赤字で表現する。

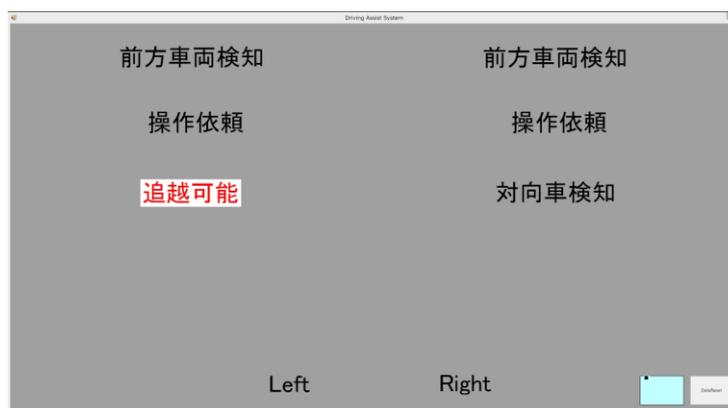


Fig.2.6 Assist display example

2.3 操作の支援

本節では、本研究における運転の操作に関する支援について述べる。操作感覚が異なる車両の運転の際に、遠隔監視者にとって普段通りの運転できる環境の構築へ向けて操作の側面からの支援を検討する。

2.3.1 節では2種類の指標の提示について、2.3.2 節では指標の作成方法について、2.3.3 節では指標1（回頭性指標）について、2.3.4 節では指標2（巻き込みやすさ指標）について、2.3.5 節では指標の表示方法について述べる。

2.3.1 2種類の指標による操作に関する情報提示

遠隔監視者への操作に関する支援提示として、2種類の指標から支援を構築する。まず、遠隔地から車両を運転する状況下において、操作感覚の異なる車両を扱う際に、監視者にとって必要な情報という観点から検討する。車格が異なることによる運転の仕方への影響が大きい箇所の情報を整理した結果、車両の向きの変えやすさと巻き込みやすさに着目した。よって本研究では回頭性指標と巻き込みやすさ指標の2種類の指標について提案し、支援を構築する。回頭性指標を指標1、巻き込みやすさ指標を指標2とする。指標1は車両の向きの変えやすさに関する指標であり、車両重量やホイールベースの数値が関連する指標である。指標2は旋回時の内側への巻き込みやすさを表現する指標であり、全幅やホイールベースの数値が関連する指標である。指標の詳細に関して、2.3.3 節で指標1について、2.3.4 節で指標2について述べる。

2.3.2 指標の作成方法

本節では、指標の作成方法について述べる。指標の作成において、本研究の実験で用いる車両が、一般社会に存在する車両の中でどの程度の位置に属するかを数値化するため、100段階の階級設定を作成し整理した。その後、階級設定での数値を基に、対象とする車両に関する指標の数値を決定する。整理に当たって、本研究で扱う、一般社会に存在する車両の範囲を定義する。一般的に分類されているボディタイプの中から最大・最小の車種の主要諸元表を調査し、それらを100段階の階級設定の対象範囲と定める。ボディタイプ分類に関して、厳密なボディタイプの定義は存在しないため、自動車工業会が用いるボディタイプの分類⁽²³⁾を参考とし、本研究ではコンパクト、セダン、スポーツ（クーペ）、軽自動車、ステーションワゴン、ミニバン、SUV、1BOXの全8種類と定義する。また、対象範囲の車両は2010~2022年製造の国産車とする。階級設定の作成にあたり、対象範囲の車両の主要諸元表の数値をまとめた表を付録 Sample1 に記す。

2.3.3 指標1（回頭性指標）

本節では、支援提示に用いる指標1について述べる。指標1は回頭性指標であり、操舵時の車両の回頭性、車両の向きの変えやすさを表現する指標である。1.0-10で表現され、刻み幅は0.1とする。2.3.1節で述べた階級設定の対象範囲から、最も回頭性がよい車両の指標は10であり、最も回頭性が悪い車両の指標は1.0である。指標1の作成方法に関して、各車両の走行データに基づき算出する。時速40km/h、操舵角60度で、シミュレータ上で対象範囲の車両を走行し、車体角度が0度から70度になるまでにかかる時間を算出する。算出された時間データを基に、階級数100の階級設定を作成する。階級設定より、対象とする車両の階級から指標1の数値を決定する。また、シミュレータ上で車両を走行する際、車両重量とホイールベースを入力し、70度までにかかる時間を算出する。すなわち、車両重量、ホイールベースの2つの数値が指標1に関連する値である。対象範囲の車両の重量、ホイールベースの数値と70度までにかかる時間に関する表を付録 Sample2 に記す。

2.3.4 指標2（巻き込みやすさ指標）

本節では、支援提示に用いる指標2について述べる。指標2は巻き込みやすさ指標であり、旋回時に内側の障害物への接触や巻き込みのしやすさを表現する指標である。1.0-

10で表現され、刻み幅は0.1とする。階級設定の対象範囲から、最も巻き込みの危険性が高い車両の指標は10であり、最も低い車両の指標は1.0である。指標2の作成にあたって、旋回時において全幅が大きい車両ほど内側の障害物と接触しやすく、また、ホイールベースが大きい車両ほど内輪差が大きくなり、内側の障害物と接触しやすくなることが考えられる。このことから、これら2つの数値に着目し、各車両の全幅とホイールベースに基づき指標2を算出する。

対象範囲の車両において、主要諸元表を基に全幅とホイールベースに関する階級数100の階級設定を作成する。階級設定より、本研究で用いる実験車両の車幅とホイールベースの階級を平均した値を指標2の数値とする。すなわち、全幅とホイールベースの数値が回頭性指標に関連する値である。

2.3.5 指標の表示方法

本節では、2.3.3節と2.3.4節で述べた指標の表示方法について述べる。一例として、Sample1, 2より、例として日産ノートの指標作成と表示方法について述べる。

指標1について、Sample2より、旋回にかかった時間に関する階級数100の階級設定を作成する。階級設定より、本車両は72番目に位置するため、指標1は7.2となる。

ノートの指標2に関して、Sample1より、全幅に関する階級数100の階級設定を作成する。階級設定より、本車両の全幅は68番目の階級に位置することから、車幅に関する階級値は6.8となる。同様に、ホイールベースについて作成した階級設定より、この車両は64番目の階級に位置するため、ホイールベースに関する階級値は6.4となる。指標1はこれら2つの値の平均値であるため、ノートの指標2は6.6となる。

また、運転者には支援表示に加えて、運転する車両の主要諸元表を基に作成した、車両基本情報を表示する。具体的には、主要諸元表の中から基本的な車両情報である全長、全幅、全高、ホイールベース、トレッド幅、車両重量、最小回転半径を車両基本情報とし、表示する。これらに加えて共に車両のイメージ図として、側面図と正面図を表示する。側面図と正面図には全長、全幅、全高、ホイールベース、トレッド幅を表示する。

実験では前述の2つの指標に車両基本情報を組み合わせたものを表示し、ノートの表示例をFig.2.7に記す。

以上のような作成方法のもと、支援の有効性を実験により確認する。

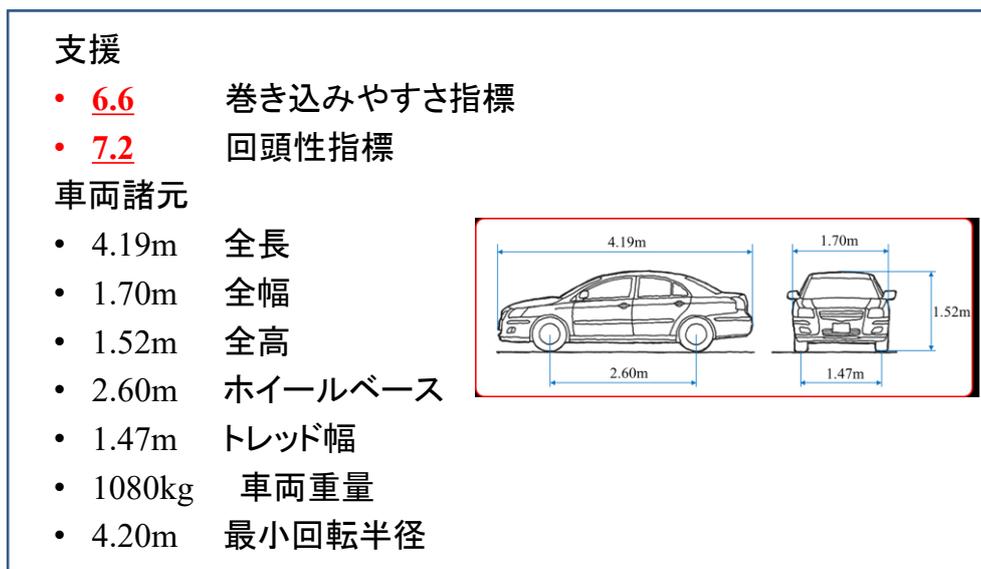


Fig.2.7 Assist display example (NISSAN NOTE)

第3章

実験

前章で検討した提示情報による影響を確認するため、ドライビングシミュレータ(以下:DS)を用いて、自動運転車両を遠隔地から1人で管理する監視員を想定した実験を行う。

本章では、3.1節で判断支援実験について、3.2節で操作支援実験について述べる。

3.1 判断支援実験

本節では、判断の側面から監視者を支援する判断支援実験について述べる。監視者にとって負荷が高い状況における実験を行うため、それぞれ異なる場所を走行する自動走行車両が、2台同時に道路上に駐車している駐車車両を発見し回避する状況を想定した。自動走行車両は駐車車両手前にて自動で減速、停止するため衝突は自動で回避されるが、駐車車両の追い越しは監視者に操作を依頼する。負荷が高くなる状況を想定した実験を行うため、2台の車両がほぼ同時に操作を依頼する状況で、1台の車両の追い越し操作後、もう1台の車両の追い越し操作を行うような環境を構築する。

3.1.1節でDSの構成、3.1.2節で自動走行の設定と手動切り替え、3.1.3節で実験コースとシナリオ、3.1.4節で評価方法、3.1.5節で検証項目、3.1.6節で主観評価、3.1.7節で実験方法について述べる。

3.1.1 DSの構成

本研究では、DSを用いて実験を行う。DSは、実車を使用して実験を行うことに比べて、支援の実装や想定するコースの実装が簡単であり、条件を揃えることが容易である。このため、DSを実験装置として用い、提案した支援手法をDSに実装し、有効性の検証を行う。本研究で使用するDSの外観をFig.3.1に示す。



Fig.3.1 Appearance of DS

42.5 インチの大型ディスプレイ上に 2 台の自動走行する車両の前方映像と操作依頼や支援をそれぞれ表示する。ディスプレイ上面にそれぞれの車両の前方映像、ディスプレイ右下面に支援内容を表示する。ハンドル上にはボタンがあり、操作する車両の選択や、自動と手動の切替え操作が可能である。

DS を構成する機材は、PC 4 台、ステアリングコントローラ 1 台、スピーカー1 台、ディスプレイ 1 台である。PC は PC1, PC2, PC3, PC4 の 4 台を用いる。PC2 は情報提示用コンピュータであり、情報提示用ディスプレイに支援の情報提示を行う。PC1 および PC3 は前方映像表示用コンピュータであり、PC4 の計算結果を元に走行風景を表示する。PC4 は制御用コンピュータであり、自動車のダイナミクスを計算する。計算された車両挙動や運転風景をディスプレイに表示する。PC1, PC2, PC3, PC4 は 1 台のディスプレイに接続されており、それぞれの PC の画面を 1 台のディスプレイ上に 4 分割表示する。

ステアリングコントローラはステアリングおよびペダルで構成されている。ステアリングは Logitech 社製の GT Force Pro を使用している。またステアリングは、ディスプレイと同じ机上に設置し、急なハンドリングやステアリングアシスト時のパワーに耐え

られる剛性を確保している。ペダルはアクセルおよびブレーキの操作ができる。また、スピーカーからはエンジン音が流れるようにしている。

DS の構成図を Fig.3.2 に示す。PC1 は自車 2 の車両前方映像提示用ディスプレイに接続し、自車 2 の前方映像を送っている。PC2 は支援情報提示用ディスプレイに接続され、ドライバーに提示する支援の情報を送っている。PC3 は自車 1 の車両前方映像提示用ディスプレイに接続し、自車 1 の前方映像を送っている。PC4 はステアリングコントローラとスピーカーに接続されている。PC4 はステアリングコントローラからハンドル操作、ボタンでの車両の選択、アクセル、ブレーキなどの運転情報を受け取っている。また、PC4 は受け取った運転情報に応じたエンジン音をスピーカーに送る。

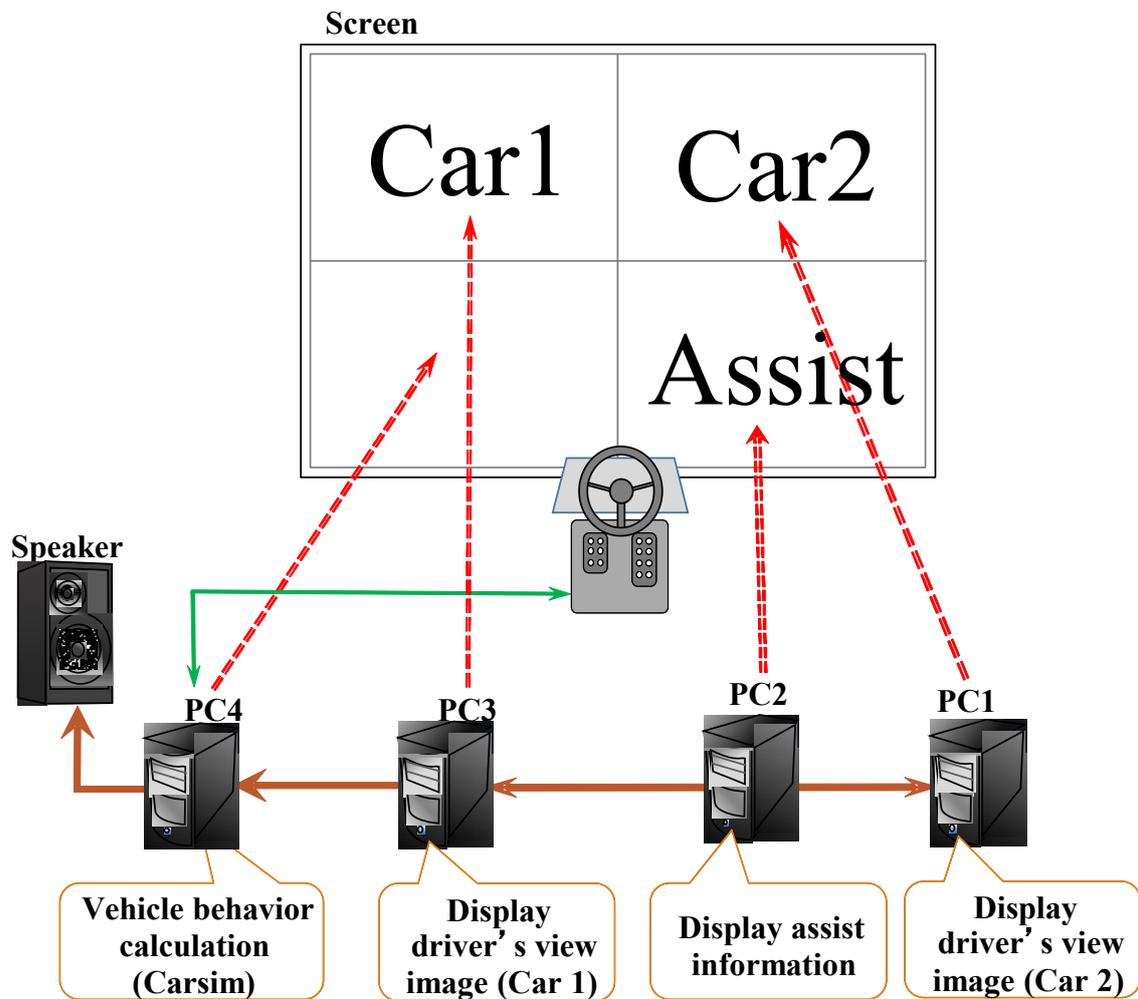


Fig.3.2 DS configuration diagram

(1) 制御用コンピュータ (PC4)

ステアリングコントローラに付属しているアクセルとブレーキのペダルより、ドライバの運転情報が PC4 に収集される。統合制御プログラムには開発用ソフトウェアとして C++Builder を使用し、CarSim には Visual C++ を使用している。CarSim は自動車のダイナミクスを計算するために使用する。本研究室では CarSim の ver. 5.15 を用いている。CarSim はドライバのステアリング操作やアクセル、ブレーキ操作などの操作情報や走行環境などのパラメータを入力として受け取り、車両ダイナミクスの計算をリアルタイムで行い、出力として車両として車両の速度やエンジンの回転数、車両の挙動などを計算する。また、これらの入力を自由に変更することができ、その条件を満たす車両挙動をシミュレーションすることができる。この CarSim だけではステアリング操作などの各入力からの情報の受け取りができないため、統合管理ソフトを用いることで受け取りを可能にして制御することを可能にしている。

統合管理ソフトは主にステアリングやアクセルなどのデバイスからドライバの運転情報を収集し、その情報を CarSim に与える。また、CarSim から車両のダイナミクスについての状態情報を受け取り、反力をステアリングに与えるなどデバイスに出力する。これは C++ Builder を用いて作成されており、Fig.3.3 にこのプログラムのユーザーインターフェイスを示す。この制御画面からシミュレータのコントロールが可能である。エンジン音はあらかじめ録音したエンジン音の一部を CarSim で計算されたエンジンの回転数に応じて統合制御プログラムが DirectX library を用いて音を作成し、スピーカーより出力する。

(2) 支援情報提示用コンピュータ (PC2)

PC2 は PC4 より送られてくる速度や他車両などの支援にまつわる情報を用いて指示する情報を決める。PC2 は視覚による情報と聴覚による情報を与えることができる。本

研究では視覚による情報提示のみを用いる。運転席の情報提示用ディスプレイに出力されることでドライバに情報を与える。PC2は情報提示用ディスプレイに接続され、視覚による情報提示を行う。提示例を Fig.3.4 に示す。

(3) 車両前方映像表示用コンピュータ (PC1, PC3)

PC1, PC3 はそれぞれの自車両の前方映像を表示するために用いる。市街地コースの三次元モデルが再現されており、メモリックを介して PC1, PC3 から受信した現時刻の自車の動きを描画する。また、画面上に現在の自車速度が表示され、ドライバに提示される。ここで作成された PC1 の映像は大型ディスプレイ上の右上に、PC3 の映像は左上にそれぞれ表示される。

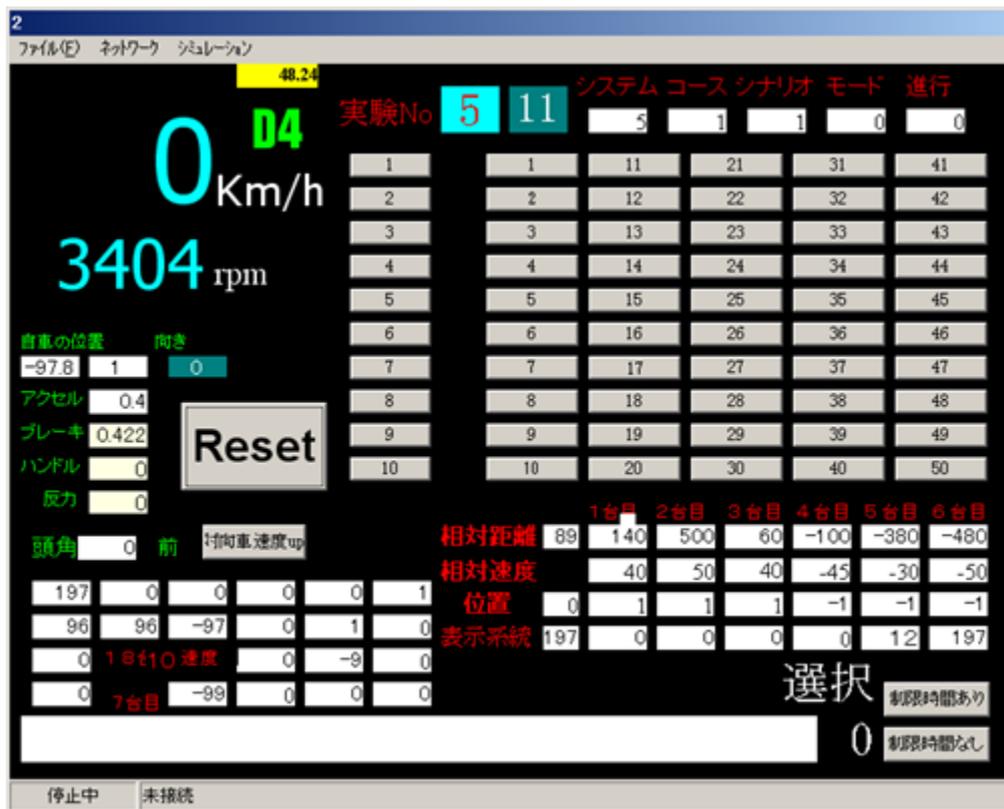


Fig.3.3 User interface

3.1.2 支援の条件

前章で分類した情報提示の要素 F1, F2, F3 の効果の比較をするため, 要素ごとに組み合わせて支援 A-D を作成する. 支援 A-D でそれぞれ実験を行い, それぞれの結果の比較によりどの要素が効果的だったのかを明らかにする. 一例として, 支援 A, B の比較や支援 C, D の比較により F2 の効果を検証, 支援 A, C の比較や支援 B, D の比較により F3 の効果を検証する. また, 支援なし条件では支援提示モニタには何も表示されない. 各支援条件と要素をまとめた表を Table.3.1 に記す.

Table.3.1 Elements for each assist

Assist	ind.0	ind.1	ind.2
w/o			
A	✓	✓	
B	✓	✓	✓
C	✓	✓	
D	✓	✓	✓

3.1.3 自動走行の設定と手動切り替え

本実験では, 自動走行中の車両が 30km/h で走行中に現れる駐車車両を回避する状況が発生する. 自車は駐車車両手前 22m の位置から式(3.1)の速度にて停止まで自動で減速する. 速度を v [km/h], 時間を t [s]とする.

実験参加者は切り替え操作により途中で手動に交代可能である. ハンドル上のボタンで操作する車両を選択し, 手動走行に切替えて操作を行う. 追い越し後は再度ボタン操作により自動走行に戻る.

$$v = -7.5t + 30 \quad (3.1)$$

駐車車両回避までの距離と支援の提示タイミングを纏めたものを Fig.3.4 に示す. 自車前端と駐車車両後端の距離を L とし, 駐車車両検知を $L=60m$ の位置とする. $L=22m$ の位置を減速開始点と操作依頼等の提示開始タイミングとした. 手動に切り替えない場

合 $L=5\text{m}$ 付近で自車は自動停止する。自車が対向車線にはみ出した場合や $L<0$ になると支援表示が消える。対向車を検知できる範囲は最大 200m とし、自車前方 $2L+40\text{m}$ に対向車がいる状態を対向車検知状態とした。

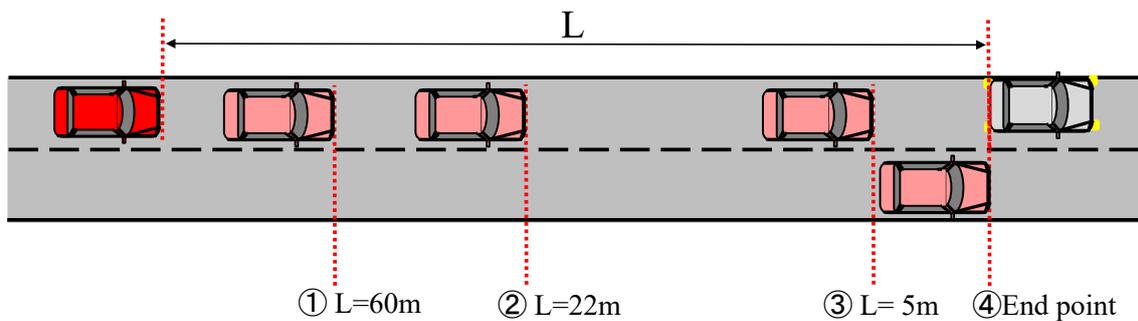


Fig. 3.4 Overview of the assist presentation conditions

3.1.4 実験コースとシナリオ

本実験では見通しの良い片側 1 車線の対面通行の直線路に駐車車両が停止している状況を想定し、コースを作成した。この走行環境内にはドライバーが運転している自車、対向車、駐車車両のみが存在し、歩行者や自転車などは存在しない環境である。

実験では実験参加者に対して、支援なし条件 1 種類、支援あり条件 3 種類の合計 4 種類の支援条件にて走行してもらうこと、道路の制限速度が 40km/h 、自動走行時の車両の速度が 30km/h であること、それぞれの支援ごとに 4 回の追い越しを行うことを伝えた。また、実験参加者には事前に支援の説明を行い、支援の内容に従って操作を行うように指示した。

本実験では対向車の配置を $sc1\sim sc5$ の 5 種類設定した。一例を Fig.3.5 に、全条件設定を Table3.1 に示す。赤色は自車 1、青色は自車 2、緑色は駐車車両、黄色は対向車である。なお、以降本文中では説明の都合で各 sc の上側の条件を自車 1、下側の条件を自車 2 と表記するが、実験中では自車 1 と 2 を区別せずの表示位置はバラバラに設定されている。 $sc2$, $sc4$, $sc5$ では自車 2 を先に操作、 $sc1$, $sc3$ は自車 1 を先に操作する場合の方が早く完了する可能性の高いよう設定し、優先順位判断情報 (F3) が含まれる支援提示では赤色で表示されるように設定した。

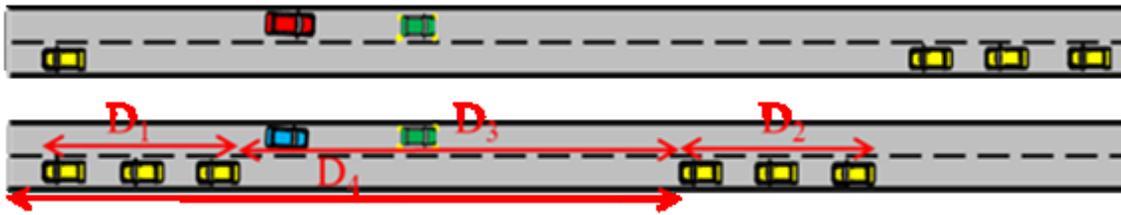


Fig.3.5 Experimental scenario example

Table.3.2 Distance parameters of scenarios

		D_1	D_2	D_3	D_4
sc1	1	120	80	240	320
	2	120	80	80	240
sc2	1	120	80	240	240
	2	120	80	80	320
sc3	1	120	80	240	400
	2	120	80	240	320
sc4	1	120	80	80	320
	2	120	80	240	400
sc5	1	120	80	240	240
	2	120	80	240	400

3.1.5 検証項目

DSにより取得された、時間 s 、位置 m 、自車速度 km/h を用いて結果を分析する。位置については、 x 座標、 y 座標を取得する。1/60 秒間隔で上記の計測項目が記録される。本実験では、駐車車両手前 60m の地点での時刻を 0s とし、2 台ともに追い越しが完了し自動走行に切り替えるまでの時間を追い越し完了までの時間と定義し、結果を比較する。

主観評価として、実験説明とアンケートが主観アンケート用紙には記載されている。実験説明では、表示内容を変更した種々の運転支援システムがある環境下で駐車車両の追い越しをしてもらうことや、気分が悪くなったりした場合など、実験を中断したくなつた場合に声掛けをしてもらうことを記載した。付録に主観アンケート用紙を添付する。各支援条件終了時に主観アンケートを実施する。アンケートでは追い越しの難易度、煩わしさ、支援のタイミング、支援の評価の 4 つの項目にて実施する。支援の評価の項目

に関して、0 から 10 までの 11 段階。その他の項目は、-3 から 3 までの 7 段階で評価してもらった。-3 と 3 にいくほど感じる度合いが高いことを表す。難易度、煩わしさについては最初に行う支援なし条件を 0 と基準とし、支援なし条件と比べて自身がどう感じたかを評価してもらう。残りの 2 項目は、基準を設けずに評価してもらう。

追い越しの難易度については、駐車車両の追い越し難易度が支援によって簡単になったのか、難しくなったのかを評価してもらった。簡単になった場合は低く評価すること、難しくなった場合は、高く評価することを指示した。煩わしさについては、支援がなされることによって運転の邪魔になっているか評価してもらった。基準である支援なし条件では運転の邪魔にならず普段の運転と同じであること、煩わしさがある場合は高く評価すること、むしろ支援が足りないと感じた場合は低く評価することを指示した。支援のタイミングについては、支援として提示されるタイミングが遅く感じた場合は高く評価すること、タイミングが早く感じた場合は低く評価することを指示した。

3.1.6 実験方法

実験参加者は 20 代の普通自動車免許をもつ男性 4 名である。実験前に駐車車両の回避が必要であることを伝えた上で、シミュレータでの実験を実施した。実験参加者には事前にシミュレータでの操作を慣れるまで行ってもらい慣れた段階で実験を開始する。実験ではそれぞれの車両前方にいる駐車車両を回避する。その際、1 回目に支援なし条件を実施する。その後、支援 A、支援 B、支援 C、支援 D でそれぞれ実験を行う。なお、順番による影響を考慮し、支援なしを除く 4 つの支援の順番は実験参加者ごとに異なる。実験では、DS 上での走行データおよび主観アンケートによる主観データを取得する。走行データに関して、追い越しにかかった時間を支援条件ごとに比較し、支援による変化を検証する。

3.2 操作支援実験

本節では、操作の側面から監視者を支援する操作支援実験について述べる。車両を遠隔操作する状況において、操作の対象は常に同じ車両とは限らず、車格や特性に応じて操作感覚が都度異なる可能性が考えられる。本実験では、そのような状況下で遠隔地から車両を運転し、交差点を左折する状況を想定した。車格や運転操作感覚が異なる 3 台

の車両を運転する際に、車両諸元や運転挙動に基づく操作に関する指標を支援として提示し、支援による影響を検証するための環境を構築する。

3.2.1 節で DS の構成，3.2.2 節で支援の条件，3.2.3 節で実験概要，3.2.4 節で検証項目，3.2.5 節で実験方法について述べる。

3.2.1 DS の構成

運転支援実験では、DS を用いて実験を行う。提案した支援手法を DS に実装し、有効性の検証を行う。本研究で使用する DS の外観を Fig.3.6 に示す。



Fig.3.6 Appearance of DS

DS を構成する機材は、PC1 台、ステアリングコントローラ 1 台、ディスプレイ 2 台である。23 インチのメインディスプレイ上に車両の前方映像，18.5 インチのサブディスプレイ上に 2.3.5 節に述べる車両基本情報と支援をそれぞれ表示する。

PC を用いて自動車のダイナミクスを計算し、計算結果を元に車両挙動や運転風景をメインディスプレイに表示する。

ステアリングコントローラはステアリングおよびペダルで構成されている。ステアリングは Thrustmaster 社製の T500RS を使用している。またステアリングは、メインディスプレイと同じ机上に設置し、急なハンドリングやステアリングアシスト時のパワーに

耐えられる剛性を確保している。ペダルはアクセルおよびブレーキを操作可能である。

DS の構成図を Fig.3.7 に示す。PC はステアリングコントローラと 2 台のディスプレイに接続し、車両前方映像や支援等を表示する。また、ステアリングコントローラからハンドル操作、アクセル、ブレーキなどの運転情報を受け取る。

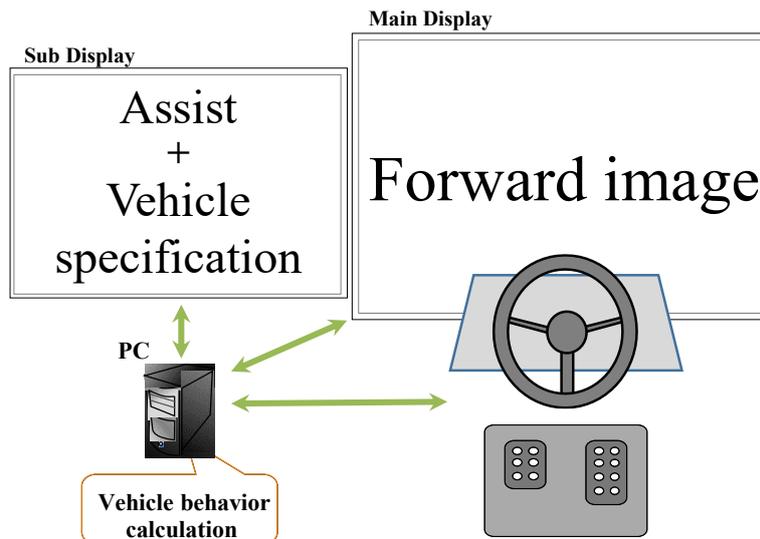


Fig.3.7 Outline diagram of DS

3.2.2 支援の条件

本章では、実験で用いる 3 台の車両の説明と支援の条件について述べる。前章で述べた指標の提示による支援の効果の比較をするため、車両ごとに指標 1 および指標 2 の数値を計算する。車両諸元や運転挙動より計算された指標を用いてそれぞれ実験を行い、結果の比較により支援提示による車両ごとの効果を明らかにする。本操作実験では、支援あり条件と支援なし条件において、車格の異なる 3 台の車両を用いて比較検討する。本実験で用いる 3 台の車両について、現実に存在する車両を参考に、車両諸元の数値が小・中・大となるよう 3 台の車両を選ぶ。これら 3 台の車両を小さい順に車両 A、車両 B、車両 C とする。車両 A について、小型モビリティ相当の 2 人乗りの車両を対象とし、相当するトヨタ自動車 C+Pod を参考に主要諸元等を引用する。車両 B について、一般乗用タクシー相当の 5 人乗りの車両を対象とし、相当するトヨタ自動車 JPN TAXI を参考に主要諸元等を引用する。車両 C について、ミニバン以上マイクロバス未満の 10 人乗りの車両を対象とし、相当するトヨタ自動車 HIACE SL を参考に主要諸元等を引用する。これら 3 台の車両の指標について、2.3.5 節に記した計算方法に基づき指標 1

および指標2の数値を決定する。これらより車両A-Cの指標をTable3.3に記す。

本実験では、支援提示による効果と走行条件との関係性を検証するため、2種類の速度条件を設定する。運転の難易度が異なる状況下で検証を行うため、35km/h, 50km/hの2条件を設定し、比較実験する。

Table.3.3 Index for each vehicle

Experimental vehicle	A	B	C
Index1	10	5.9	3.3
Index2	1.0	7.1	9.2

3.2.3 実験概要

本実験では見通しの良い片側1車線の交差点を左折する状況を想定し、コースを作成した。この走行環境内にはドライバが運転している自車両のみが存在し、対向車や歩行者などは存在しない環境である。

実験前に交差点の左折が必要であることを伝えた上で、シミュレータでの実験を実施する。実験では実験参加者に対して、車両の走行速度が35km/h, 50km/hの2条件であること、支援なし条件、支援あり条件で各速度にて走行するため合計4種類の条件にて走行してもらうこと、それぞれの条件ごとに12回の左折を行うことを伝える。また、実験参加者には各走行終了後にアンケートに記入するように指示する。

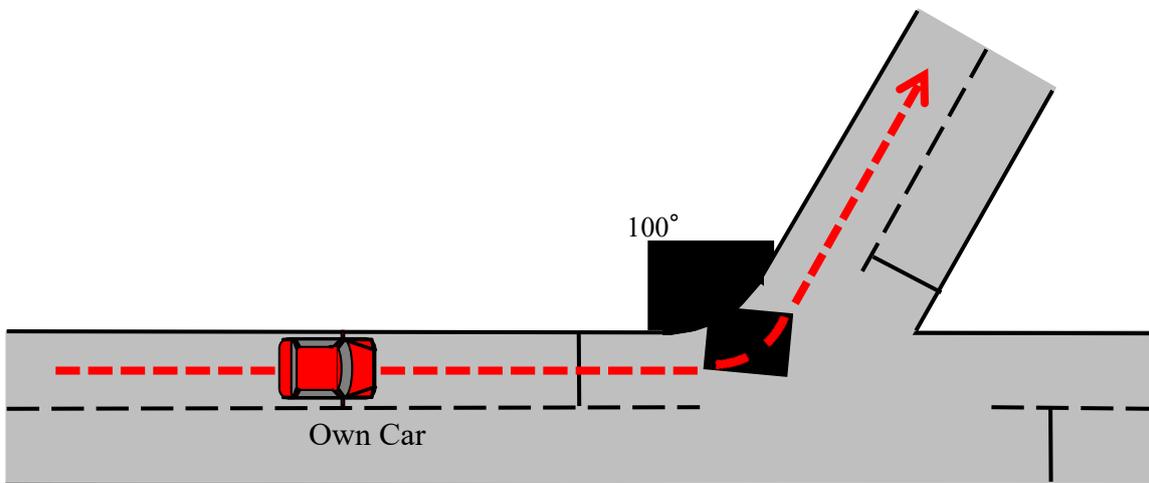


Fig.3.8 Driving course outline

3.2.4 検証項目

DSにより取得された、時間 s 、位置 m 、車両速度 km/h 、車体角度 rad を用いて結果を分析する。位置 m については、 x 座標、 y 座標を取得する。1/100 秒間隔で上記の計測項目が記録される。本実験では、本交差点の左折前の車線と左折後の車線の延長線上の交点を地点 A と定義する。地点 A から 50 度の方向への直線と走行軌跡が交わる点の座標を取り、その点と地点 A との距離を「地点 A からの距離」と定義し、検証する。本交差点の左折前の車線の直線式を (3.2)、左折後の車線の直線式を (3.3)、本直線の式を (3.4) とし、以下に記す。地点 A は (3.2) 式と (3.3) 式の交点のため (0.515, 250.5) となる。なお、本交差点は 100 度の鈍角交差点であることから、中心となる 50 度の方向への直線と走行軌跡との交点と地点 A との距離で検証する。これらの直線式と地点 A に関する概要図を Fig.3.9 に記す。

$$y = -5.671x + 253.42 \quad (3.2)$$

$$y = 250.5 \quad (3.3)$$

$$y = 1.191x + 249.89 \quad (3.4)$$

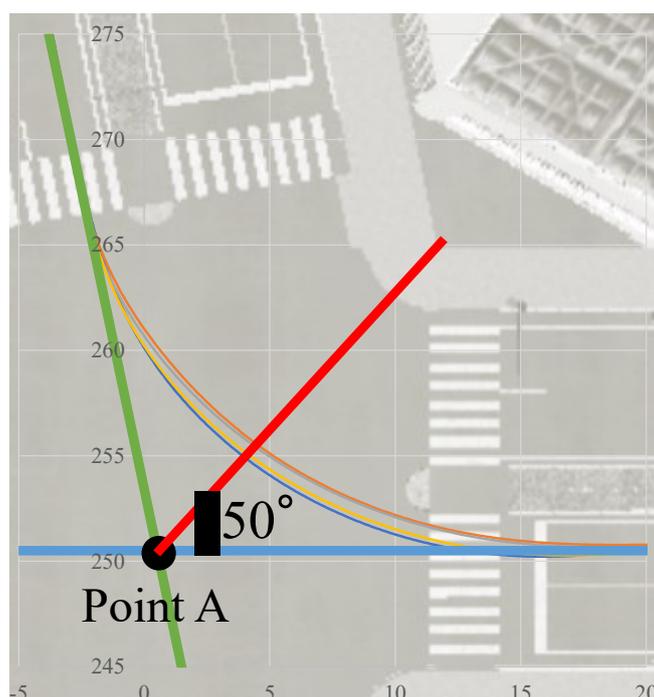


Fig.3.9 Course outline

Table3.3 に記した、本実験で検証する 3 台の車両の主要諸元と指標より、運転挙動や車格が異なる車両 A, B, C の走行時における走行軌跡の違いを検証する。その際に支援である指標提示の有無による走行軌跡への影響を確認することで、支援による効果を検討する。

主観評価として、実験参加者には各左折行動完了後に主観アンケート用紙に記入してもらう。付録に主観アンケート用紙を添付する。アンケートに関して、支援なし条件では運転の評価 1、運転の評価 2、運転の難易度の 3 つの項目にて実施する。支援あり条件では、それらの 3 項目に支援の評価を加えて 4 つの項目にて実施する。これら 4 つの項目に関して、1 から 10 までの 10 段階で評価してもらった。

運転の評価 1 について、ハンドル操舵が上手にできたかを評価してもらう。上手とは、実験参加者が思う理想的な操舵を上手な操舵とし、評価してもらう。運転の評価 2 について、上手な走行軌跡で走行できたかを評価してもらう。これら 2 つの項目では、上手な走行ができた場合は高く評価すること、できなかった場合は低く評価することを指示する。運転の難易度について、交差点左折の難易度が簡単だったのか、難しく感じたのかを評価してもらう。簡単だった場合は高く評価すること、難しかった場合は、低く評価することを指示する。支援の評価について、支援が役に立ったかを評価してもらう。

支援が役に立った場合は高く評価すること,役に立たなかった場合は低く評価することを指示する.

3.2.5 実験方法

実験参加者は20代の普通自動車免許をもつ男性6名である.遠隔からの操作ではあるが,自動車を操作する状況を想定しているため,運転免許所有者を対象とする.また,ある程度運転の経験がある人を対象とするため,週に1回程度以上の車の運転を目安とし,日常的に運転経験がある方を対象とする.

実験参加者には事前にシミュレータでの操作を数回程度行ってもらい,シミュレータと走行コースに慣れた段階で実験を開始する.実験では画面越し車両を運転し,交差点を左折する.その際,順番による影響を考慮し,支援あり,支援なしの順番や走行する車両の順番は実験参加者ごとに異なる.

第4章

実験結果及び考察

本章では、3章で述べた実験の結果及び考察について、4.1節で判断実験結果、4.2節で操作実験結果について述べる。

4.1 判断実験結果

本節では、3.1節で述べた判断実験の結果について、4.1.1節で各支援での追い越し完了までにかかる時間について、4.1.2節で支援なしの場合に追い越し完了までにかかる時間が増加した例について、4.1.3節で主観アンケートの結果について、4.1.4節で考察について述べる。

4.1.1 各支援での追い越し完了までの時間

実験参加者 A における、各支援での追い越し完了までの時間を縦軸とした結果を Fig.4.1 に示す。Fig.4.1 より、支援 D において追い越しにかかる時間が最も減少した。他の実験参加者でも似たような傾向が得られたため、追い越し完了までの実験参加者 4 人分の時間を平均し、縦軸とした結果を Fig.4.2 に示す。エラーバーは標準偏差とする。支援 A では、支援なし条件と比較して大きな変化は見られず、時間への影響は小さい結果となった。支援 B では、シナリオ 2, 4 において追い越しにかかる時間が減少した。支援 C では、シナリオ 1, 2, 4, 5 において追い越しにかかる時間が増加し、シナリオ 3 において減少した。支援 D では、全てのシナリオにおいて追い越しにかかる時間が減少した。

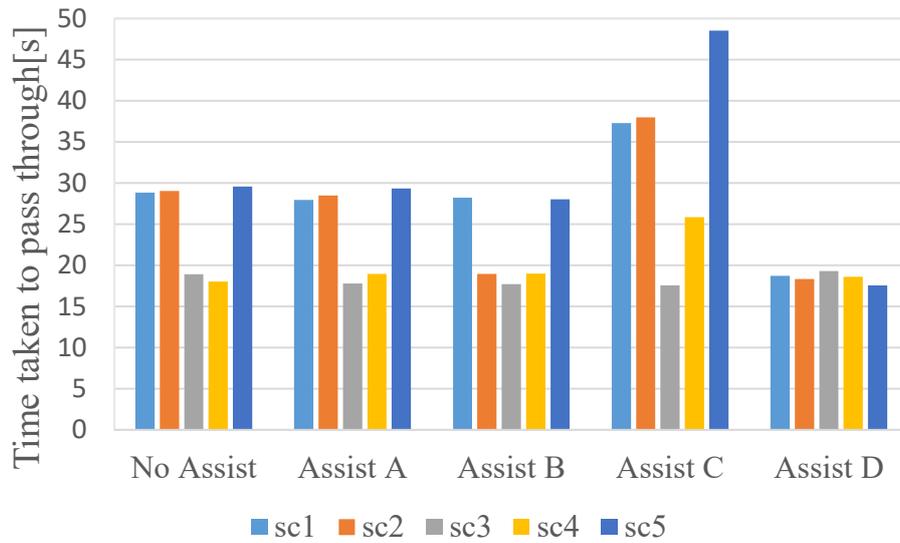


Fig.4.1 Times taken to pass through (Subject A)

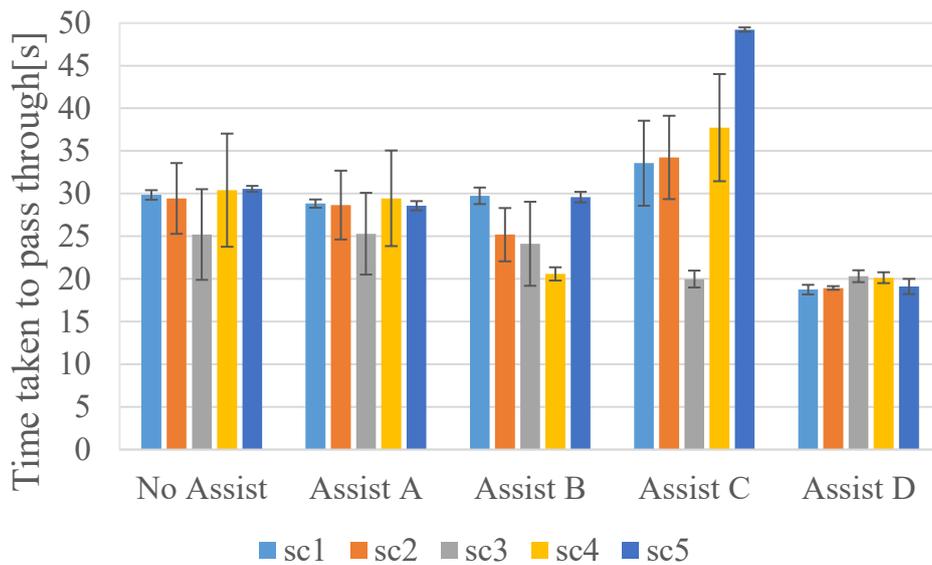


Fig.4.2 Times taken to pass through

4.1.2 追い越し時間の増減率

各支援条件での追い越しにかかった時間の増減率を Fig.4.3 に示す. 時間は支援なし条件に対し増加をプラス, 減少をマイナスとする. 支援 A で 3.0%, 支援 B で 10.2%, 支援 D で 34.1%減少し, 支援 C で 18.7%増加する結果となった.

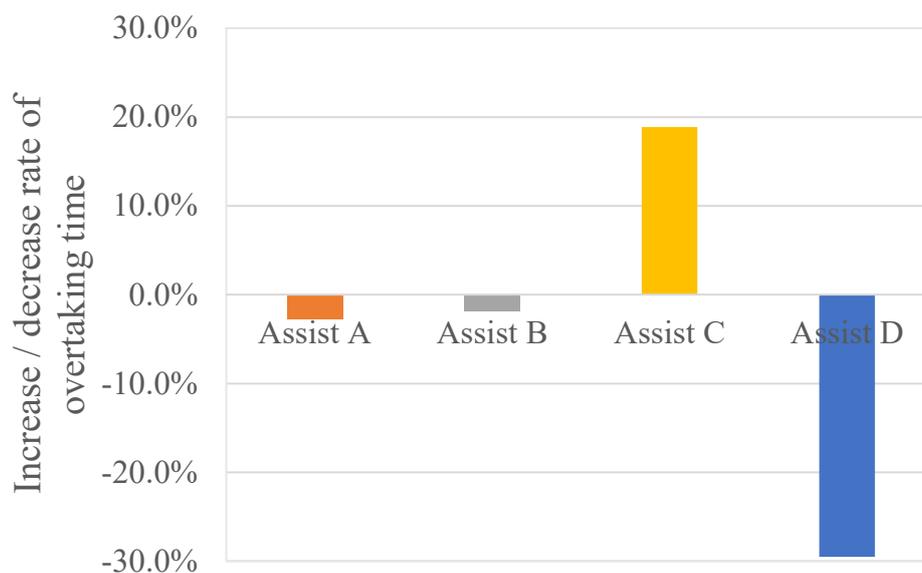


Fig.4.3 Increase / decrease rate of overtaking time

4.1.3 主観アンケート結果

主観アンケートの結果を提示条件ごとに平均する。Fig.4.4 に追い越しの難易度, Fig.4.5 に煩わしさ, Fig.4.6 に支援のタイミング, Fig.4.7 に支援の評価結果を示す。

追い越しの難易度は, 支援 B, 支援 C, 支援 D の3つの提示条件において難易度は低下する傾向がみられた。最も難易度が低下したのは支援 D で, 次いで支援 C, 支援 B の順に難易度は低下した。煩わしさについて, 支援 D において煩わしさが最も大きいと評価される結果となった。支援のタイミングについて, 支援 B, 支援 A, 支援 C, 支援 D の順にタイミングが早いと評価された。支援の評価について, 支援 D, 支援 C, 支援 A, 支援 B の順に支援を使いたいと評価される結果となった。

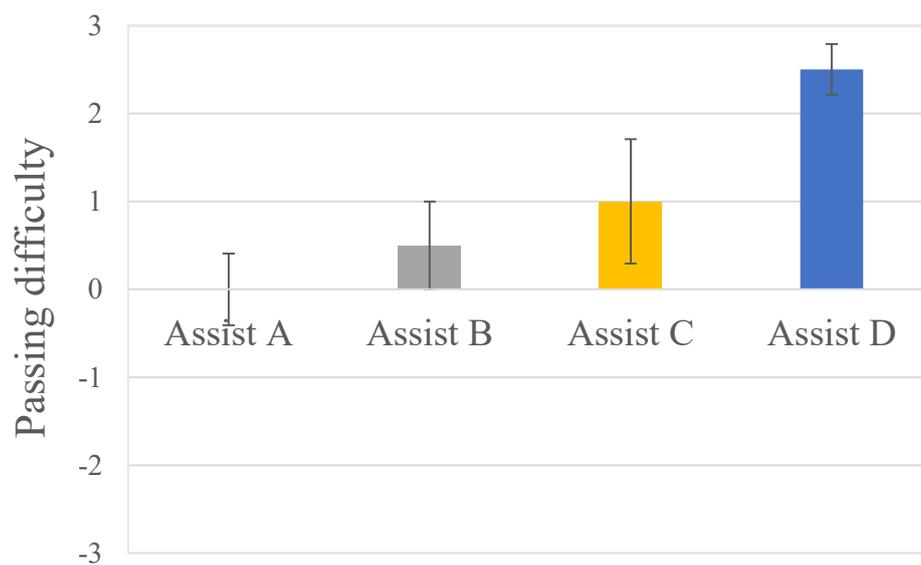


Fig.4.4 Passing difficulty

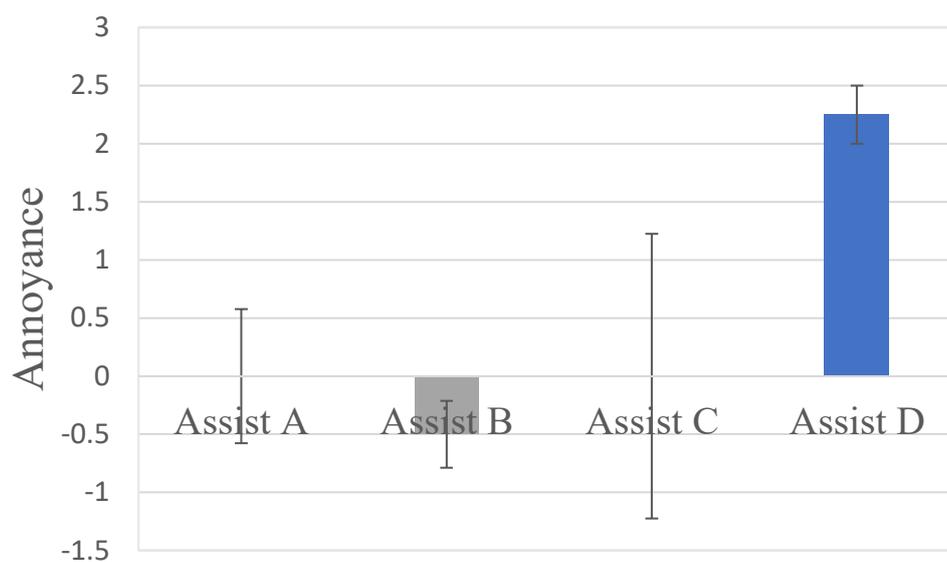


Fig.4.5 Annoyance

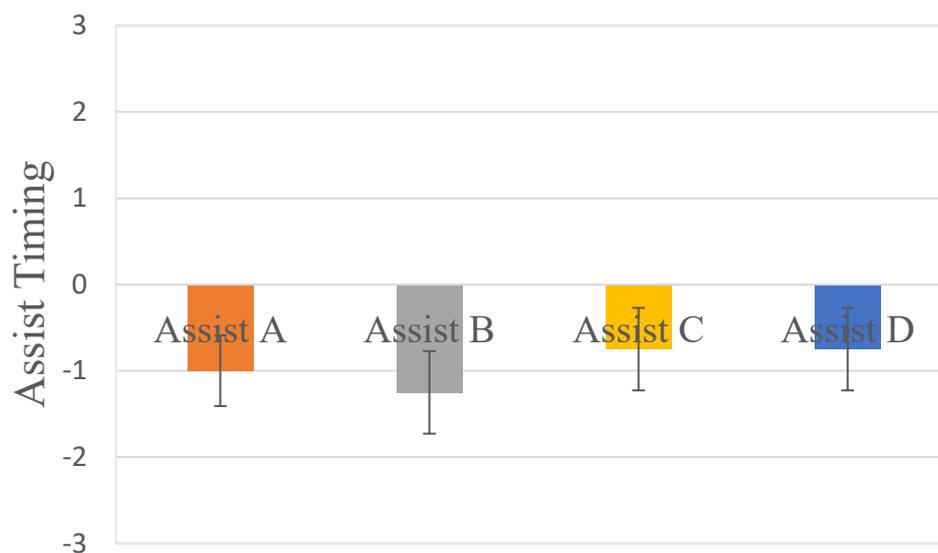


Fig.4.6 Assist timing

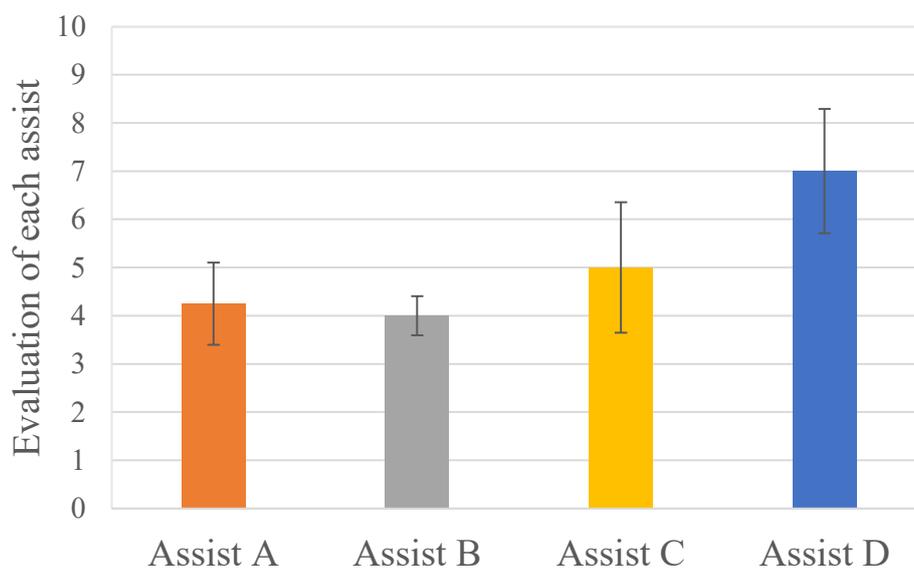


Fig.4.7 Evaluation of each assist

4.1.4 考察

支援 A に関して, Fig.4.2, Fig.4.3 よりシナリオ 1, 2, 4, 5 において支援なし条件と比較し追い越しにかかる時間が減少した. Fig.4.3 より支援なし条件より追い越しの難易

度は減少したが他条件よりも減少度が小さい。また、Fig.4.4 より、追い越しの難易度への影響が最も少ない。これらの結果より、支援 A は追い越し時間や難易度への影響が小さい結果となった。

支援 B に関して、Fig.4.2, Fig.4.3 よりシナリオ 1, 3, 5 において支援なし条件と比較し追い越しにかかる時間に変化はあまり見られないが、シナリオ 2, 4 において時間が減少した。結果として、時間が 10.2%減少し、支援 D に次いで 2 番目に減少した。しかし、Fig.4.7 より、支援の評価において支援あり条件の中で最も低く評価されている。その原因として、支援 B では F1, F2 の両方が表示されるが F3 は表示されないため、F1, F2 の情報を基に操作する車両を判断する必要があり、処理する情報量の多さと判断の複雑さ故に低く評価された可能性が考えられる。

支援 C に関して、Fig.4.2, Fig.4.3 よりシナリオ 3 において支援なし条件と比較し追い越しにかかる時間が減少した。シナリオ 1, 2, 4, 5 において支援なし条件と比較し追い越しにかかる時間が増加した。結果として、支援なし条件より 18.7%増加する結果となった。時間が増加した原因として、支援 C では優先順位情報は表示されるが追い越しの可否は表示されない。そのため、システム側が対向車通過前に追い越し可能と判断し、優先的に依頼した側の車両において、ドライバーが対向車通過前に追い越し不可能と判断し、通過を待つことによる時間増加が原因と考えられる。また、Fig.4.4, Fig.4.7 より、追い越しの難易度や支援の評価において、支援あり条件の中で支援 D に次いで 2 番目に高く評価されている。原因として、支援 C は支援 A に F3 の優先順位の要素を加えた条件であり、監視者が下す判断の一部を支援していることが原因として考えられる。

支援 D に関して、Fig.4.2, Fig.4.3 よりシナリオ 1, 2 において支援なし条件と比較し追い越しにかかる時間が 3 つの支援条件の中で最も減少した。また、Fig.4.4, Fig.4.6 より追い越しの難易度が最も低下し、支援のタイミングが最も早いと評価されたことより、本実験条件において支援のタイミングが早いほど追い越しの難易度が低下し、結果として追い越し完了までの時間が減少するといった傾向がみられた。

支援 A, C の結果と支援 A, B の結果より、F2 と F3 共に追い越し時間への影響があることが明らかとなった。支援 B, C の追い越し時間への影響度と主観評価結果より、支援 C の方が追い越し時間の増減への影響度が大きく、追い越し難易度が低下する結果となった。このことより、F2 より F3 による負担軽減への効果が大きいことが考えられる。一方で、支援 C の結果から追い越し時間が増加する場合がある。支援 D の結果より、F2 と F3 の組み合わせによって大幅に時間が減少することが明らかとなり、主観

評価結果からも支援 D で最も負担軽減につながる事が確認された。

4.2 操作実験結果

本節では、3.2 節で述べた操作実験の結果について、4.1.1 節で車両ごとの走行軌跡について、4.1.2 節で主観アンケート結果について、4.1.3 節で考察について述べる。

4.2.1 車両ごとの走行軌跡

本節では、操作実験の車両ごとの走行軌跡の結果について述べる。

実験参加者 B において、3.2.4 節で述べた「地点 A からの距離」を縦軸とし、車両 A, B, C でまとめた結果を Fig.4.8 に記す。Fig.4.8 より、支援なし条件と比較し、支援によって標準偏差の値が減少している。

車両 A, B, C において、「地点 A からの距離」を速度条件によらず実験参加者 6 人分を平均し、縦軸とした結果を Fig.4.9 に記す。また、エラーバーは標準偏差とする。

Fig.4.9 より、車両 A では、支援なし条件と比較して地点 A からの距離が減少している。車両 B では、支援提示による、地点 A からの距離への大きな変化は見られなかった。車両 C では、支援なし条件と比較して地点 A からの距離が増加している。地点 A からの距離の支援による効果の有意差を評価するため、車両ごとに T 検定による有意差検定結果を示す。*マークは有意水準を示し、*で 5%水準の有意差の有意差が得られたことを示す。車両 A, C では 5%水準での有意差が確認された。付録に、車両ごとの走行軌跡データに関する図を記す。

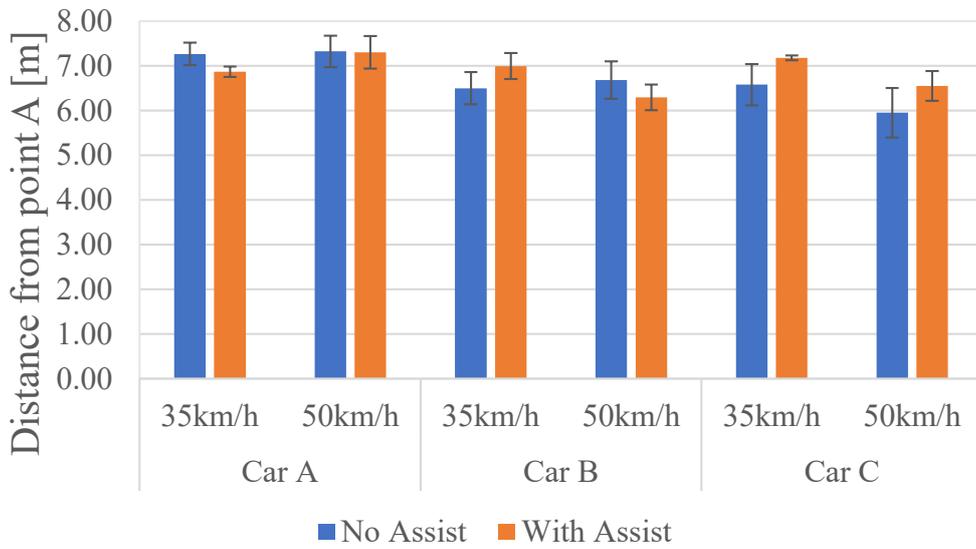


Fig.4.8 Distance from point A (Subject B)

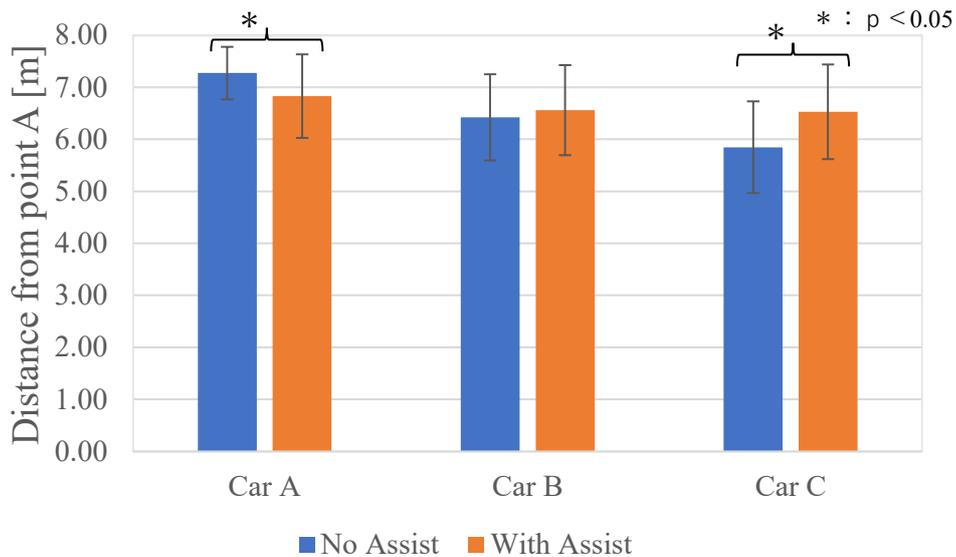


Fig.4.9 Distance from point A (Average for each vehicle)

4.2.2 主観アンケート結果

主観アンケートの結果を走行条件ごとに実験参加者 6 人分平均する。Fig.4.10 に運転の評価 1, Fig.4.11 に運転の評価 2, Fig.4.12 に運転の難易度, Fig.4.13 に支援の評価の結果を示す。

運転の評価, 運転の難易度に関して, 各走行条件において支援提示によって運転の評

価が高く評価され、難易度が低下する結果となった。また、支援の評価に関して、50km/hの条件と比較し、35km/hの条件の方が約18%高く評価される結果となった。

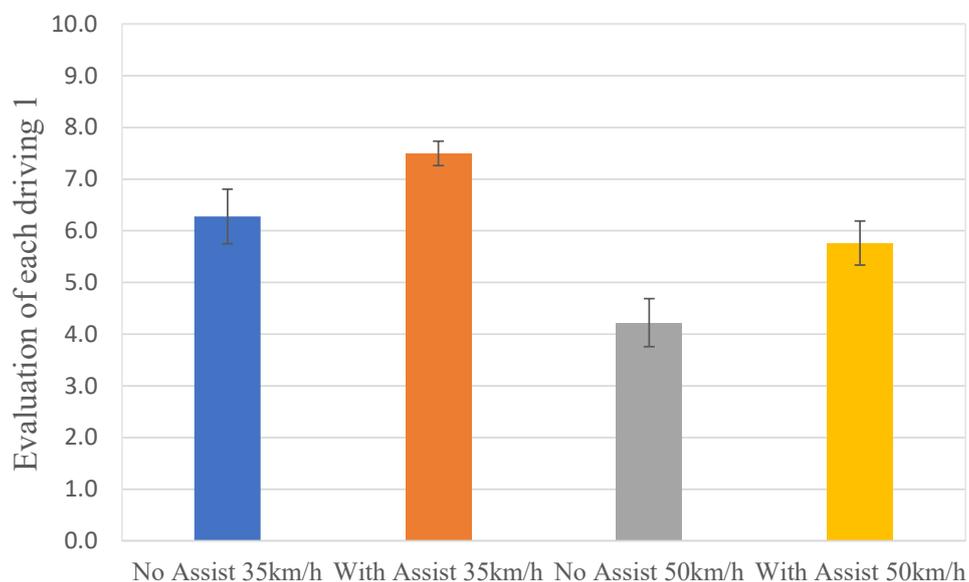


Fig.4.10 Evaluation of each driving 1 (Steering operation)

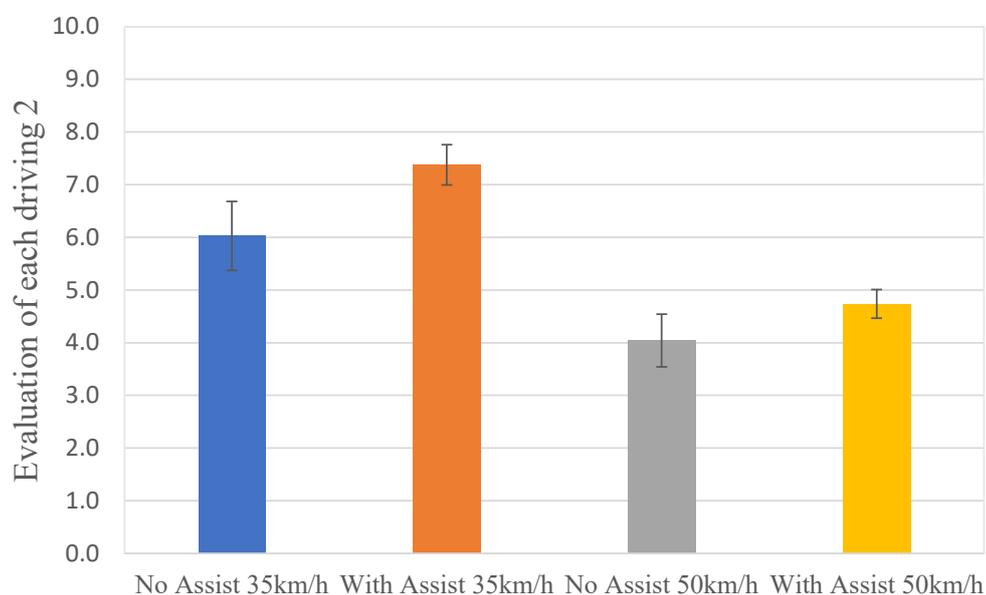


Fig.4.11 Evaluation of each driving 2 (Travel trajectory)

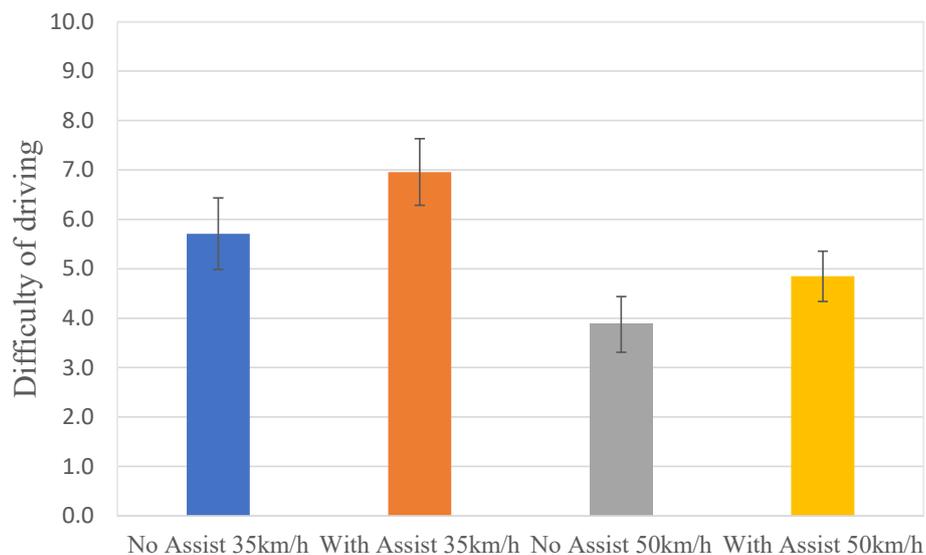


Fig.4.12 Difficulty of driving

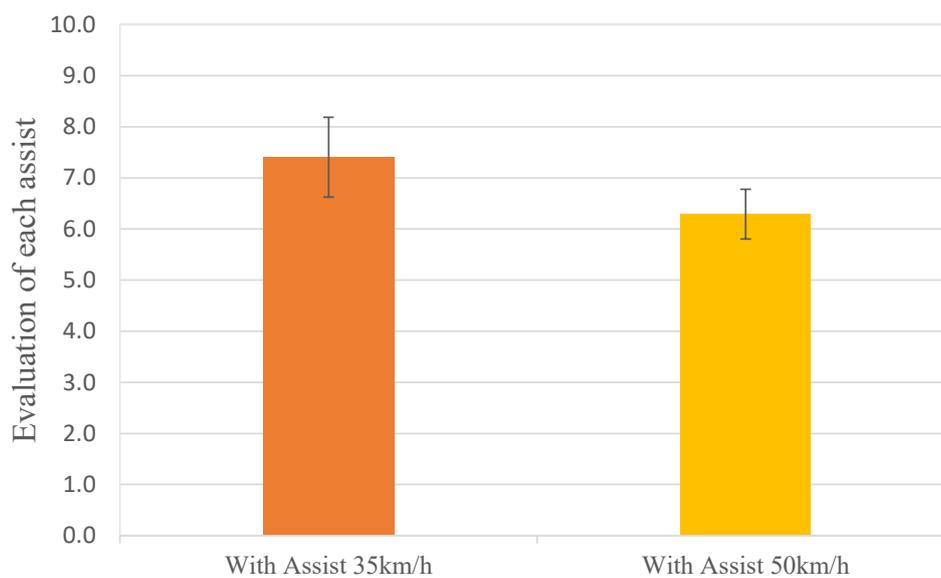


Fig.4.13 Evaluation of each assist

4.2.3 考察

支援なし条件での結果より、地点 A からの距離について、指標 1 の値が 3 台中最も小さい車両 C の距離が最も小さくなった。また、指標 1 の値が大きい車両 A が最も距離が大きくなった。このことより、指標 1 の値が大きいほど地点 A からの距離が大きくなることが明らかとなった。原因として、指標 1 の値が小さい車両 C の運転におい

て、値が大きい車両 A と同じ操舵の場合大回りする車両特性であることが考えられる。

車両 A に関して、支援あり条件の場合、地点 A からの距離が 7.27m から 6.83m へ減少していることから、過度な小回りが抑制されている。車両 B に関して、支援あり条件の場合、地点 A からの距離が 6.42m から 6.56m とあまり大きな変化は見られなかった。車両 C に関して、支援あり条件の場合、地点 A からの距離が 5.85m から 6.53m へ増加していることから、大回りが抑制されている。すなわち、車両 A の距離は小さく、車両 C の距離は大きく変化した。これらの結果から、車両 A、車両 C の距離が支援によって車両 B の結果に近づいていることが分かる。これより、車格が異なる車両の運転時において、支援によって車格や車両挙動の違いによらず、似た走行軌跡で運転できる効果が確認された。

走行軌跡のばらつきに関して、Fig.4.8 より、車両 A、B、C の標準偏差から支援提示による走行のばらつきの抑制効果が見られなかった。しかし、Fig.4.9 から、支援提示によって標準偏差が小さくなり、走行のばらつきが抑制されている結果が確認されている。このことより、支援提示による走行のばらつき抑制の効果がある可能性が考えられる。

主観アンケート結果に関して、Fig.4.10、Fig.4.11 より、車両 A、B、C すべての車両において支援提示によって運転の評価が向上しており、Fig.4.12 より運転の難易度が低下している。このことから、支援提示によって適切な運転操作に導く効果が見られ、負担軽減効果が確認された。Fig.4.13 より、50km/h 条件より 35km/h 条件の支援が高く評価された原因として、50km/h 条件は比較的運転の難易度が高く、支援提示の内容の情報だけでは思うような運転できなかつたことが原因として考えられる。結果として、本条件下において比較的難易度が低い 35km/h 条件の方が支援の効果が大きいことが明らかとなった。

第5章

結論

本章では、5.1 節に本研究のまとめを、5.2 節に今後の展望を述べる。

5.1 まとめ

本研究では、遠隔監視者の運転時の判断と操作を的確に行えるように、判断と操作の2つの側面の関する情報を伝える情報提示支援による解決を試みた。実験を通じて、提示情報の種類による影響と効果について確認し、結果から監視時に必要な情報と負担軽減方法について検証した。判断の支援と運転の支援による効果を評価するためにそれぞれ実験環境を構築し、ドライビングシミュレータを用いて運転実験を実施した。判断の支援実験の結果、適切な判断の実現により運転操作時間が減少し、支援提示による負担軽減効果が確認された。その中でも優先順位情報による影響が大きいことが明らかとなり、周辺環境情報の要素と適切に組み合わせることで大幅に運転操作時間の減少につながることを確認された。操作の支援実験の結果、速度によらず車両走行軌跡より車格に応じた適切な運転操作への効果が確認された。運転操作のばらつきが抑制される例も見られた。主観評価結果より、支援による適切な運転操作への効果が確認された。また、両方の実験の主観評価や運転操作データより、共通して監視者の負担が軽減された。

これらの結果から、判断と操作の両方の側面から支援提示により監視者を車格に応じた運転へ導く効果が見られ、負担軽減効果を確認することができた。

5.2 今後の課題

今後の課題として、より多くの台数の車両管理時に対応できるかといった点が挙げら

れる。また、本研究での実験参加者数が少ないため、より多くの参加者での検討をする。さらに、駐車車両追い越し時や交差点左折以外の状況においても検討し、より多くの状況に有効な情報提示システムについて検討する。

参考文献

- [1] 愛知県「平成30年度自動運転実証推進事業の実施について」,
<<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/sangyoshinko/h30-jidouunten.html>>
- [2] 自動運転レベルの定義を巡る動きと今後の対応(案) 内閣官房 IT 総合戦略室
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu_dai1/siryoushu.pdf>
- [3] 本田技研工業「ACC（アダプティブ・クルーズ・コントロール） | Honda の安全技術」,
<<https://www.honda.co.jp/tech/auto/safety/ACC.html>>
- [4] 国土交通省「衝突被害軽減ブレーキについて | 自動車総合安全情報」,
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/esc.html>
- [5] マツダ株式会社「【MAZDA】LAS（レーンキープアシストシステム） | アクティブセーフティ技術」,
<http://www.mazda.com/ja/innovation/technology/safety/active_safety/las/>
- [6] 国土交通省 自動運転戦略本部“自動運転実証実験の成果・課題について”第6回
会合 資料3 <https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk7_000018.html>
- [7] 玄葉 誠, 原口 哲之理, 青木 宏文, 田中 貴紘“大型5面立体視ドライビング
シミュレータによる人間自動車系の研究”自動車技術会論文集 Vol.47, No.3, p.783-
788 (2016)
- [8] 米川 隆, 阿賀 正巳, 門脇 美佐, 名切 末晴, 坂口 靖雄, 荒木 厚“市街地
走行で現実感のあるドライビングシミュレータの開発”自動車技術会論文集 Vol.39,
No.6, p.29-34 (2008)
- [9] 荒川 俊也“自動運転への過信・依存の評価を目的としたドライバ状態の計測と解
析”知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.32, No.3, p.98-104 (2020)
- [10] 本間 亮平, 若杉 貴志, 小高 賢二“高度自動運転における権限移譲方法の基
礎的検討:—自動運転時の覚醒度低下や運転以外の作業と権限委譲時のドライバ対応行
動—”自動車技術会論文集 Vol.47, No.2, p.537-542 (2016)
- [11] BBC NEWS, Tesla in fatal California crash was on Autopilot:
<<https://www.bbc.com/news/world-us-canada-43604440>>

- [12] 大前 学, “自動運転の遠隔操縦における体感情報の欠如や視覚情報の条件が低速運転に与える影響の評価” 自動車技術会論文集 Vol.43, No.2(2012)
- [13] 田久保 宣晃, “交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察” 国際交通安全学会誌 Vo.1, 30, No.3(2005)
- [14] 水島 知央, “遠隔型自動運転システムにおける遠隔操作時の映像遅延が操舵の操作に与える影響の評価” 自動車技術会論文集 Vol.50, No.3(2018)
- [15] 高畠 智, 原田 正範 “無人車両の遠隔操作支援システム” 自動車技術会論文集 Vol.43, No.1, p.135-140 (2012)
- [16] 平松 真知子, 青木 元伸, 中島 伸一郎, 瀬口 秀則, 柳 拓良 “対向車のある駐車車両回避場面でのドライバの判断と行動特性” 自動車技術会論文集 Vol.52, No.2, p.369-375 (2021)
- [17] 江澤 和浩, ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク, 赤木 康宏, 前田 健太, 児島 隆生 “自転車の他者追い越し場面における移動予測に基づく自動減速制御システムに関する研究” 日本機械学会論文集 Vol.84, No.865, p.17-00557 (2018)
- [18] 愛知工業大学: “人にやさしい遠隔操縦付き自動運転の開発”, 総研 22 号分野横断型研究成果概要 01, pp.64-66 (2019)
- [19] 米陀 佳祐, 三田 誠一, Chenxi Yang, Quoc Huy Do, Hossein Tehrani, 武藤 健二 “実道路における仮想自動運転システムの検討” 交通・物流部門大会講演論文集, Vol.23, pp.289-292(2014)
- [20] 自動車技術会: “ドライバ行動・ドライバモデル, 自動車技術ハンドブック人間工学編<第3分冊>”, 東京, 自動車技術会, p.572-578(2016)
- [21] 伊能 寛, 深尾 隆則 “オプティカルフローに着目したドライバ操舵モデル” 自動車技術会論文集 Vol.45, No.2, p.381-386(2014)
- [22] 岸田 英里, 松寄 直幸, 上沼 研也, 繁榊 博昭, 北崎 充晃, 巖桂 二郎 “運転行動を向上させるための視覚情報制御技術に関する検討” 日本機械学会論文集 Vol.74 No.745(2008)
- [23] 日本自動車工業会, “乗用車市場動向調査～クルマ市場におけるエントリー世代のクルマ意識～” <https://www.jama.or.jp/lib/invest_analysis/pdf/2008PassengerCars.pdf>

謝辞

本研究を進めるにあたり、三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 池浦良淳教授には研究に関する有益なご助言を頂き、深く感謝致します。厚く御礼申し上げます。

また、大変お忙しい中、本論文を査読して頂くと共に、多数のご教示、ご助言を賜りました三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 加藤典彦准教授に厚く御礼申し上げます。

また、三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 早川聡一郎准教授には研究活動に行き詰った際には親身に話を聞いていただき、的確なアドバイスをして頂き、深く感謝致し、厚く御礼申し上げます。

また、三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 堤成可助教には終始多大なる御指導、御鞭撻を親身になって行って頂き、深く感謝致し、厚く御礼申し上げます。

また、研究室での生活を楽しく豊かにして頂いた、修士1年生と4年生の皆様に感謝し、今後のご活躍を期待しております。

そして、研究室生活を忘れる事の出来ない充実したものにして頂いた修士2年生の皆様には心より感謝の意を表します。

最後に、大学院在籍中、惜しみない援助を送ってくださった家族のお陰で充実した素晴らしい勉強・研究生生活を送ることができました。感謝の気持ちを述べることで謝辞の最後とさせていただきます。

付録

付録として、本研究で実施した実験に関するデータや主観アンケート用紙について掲載する。Sample1 には 2.3 節で述べた車両主要諸元表を示す。Sample2 には 2.3.3 節で述べた指標 1 関連数値を示す。Sample3 には実験参加者 A の走行軌跡の各データ、Sample4 には実験参加者 B の走行軌跡の各データ、Sample5 には実験参加者 C の走行軌跡の各データ、Sample6 には実験参加者 D の走行軌跡の各データ、Sample7 には実験参加者 E の走行軌跡の各データ、Sample8 には実験参加者 E の走行軌跡の各データを実験参加者毎に示す。Sample3~8 に関して、軌跡の色は 1 本目から順番に青、橙、灰、黄の合計 4 本の走行データを表している。Sample9 には判断実験で用いた主観アンケート用紙を示す。Sample10 には操作実験で用いた主観アンケート用紙を示す。

ボディタイプ	軽自動車		コンパクト		クーペ		ステーションワゴン		SUV	
車名	アルト	ウェイク	IQ	ノート	CR-Z	LC	カローラ フィールダー	マツダ 6	クロスビー	LX
全長 mm	3395	3395	3000	4190	4075	4770	4360	4805	3760	5080
全幅 mm	1475	1475	1680	1695	1740	1920	1695	1840	1670	1980
全高 mm	1475	1835	1500	1515	1395	1345	1475	1480	1705	1910
ホイールベース mm	2460	2455	2000	2600	2435	2870	2600	2750	2435	2850
トレッド幅 (前後平均)mm	1297.5	1300	1467.5	1470	1507.5	1632.5	1477.5	1580	1465	1642.5
車両重量 kg	650	1010	950	1080	1170	1940	1180	1530	960	2680
最小回転半径 m	3.2	5.3	6.1	4.2	4.4	3.9	5.2	5	5.4	4.9

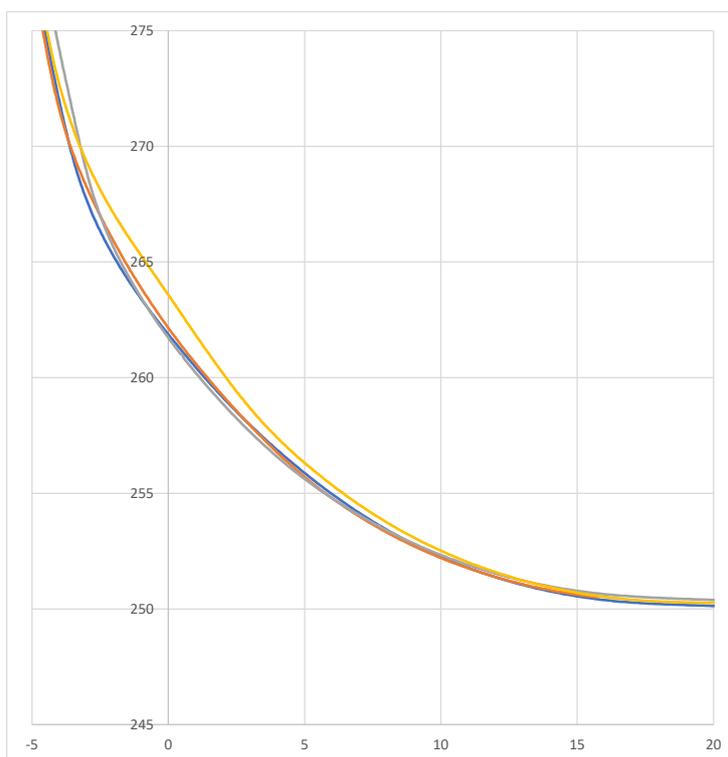
ボディタイプ	セダン		ミニバン		IBOX		車両 A	車両 B	車両 C
車名	カローラ アクシオ	センチュリー	フリード	グラン エース	NV350	ハイエース ワゴン	C+Pod	JPN TAXI	ハイエース SL
全長 mm	4360	5335	4215	5300	4696	5380	2395	4400	5380
全幅 mm	1695	1930	1695	1970	1695	1880	1095	1695	1880
全高 mm	1460	1505	1745	1990	1990	2285	1495	1750	2285
ホイールベース mm	2600	3090	2740	3210	2555	3110	1530	2750	3110
トレッド幅 (前後平均)mm	1477.5	1615	1472.5	1670	1475	1652.5	925	1477.5	1652.5
車両重量 kg	1140	2370	1380	2770	1860	2040	430	1390	1990
最小回転半径 m	5.5	4.7	5.9	4.9	5.9	5.2	5.6	5.2	6.1

Sample1 Main vehicle specifications

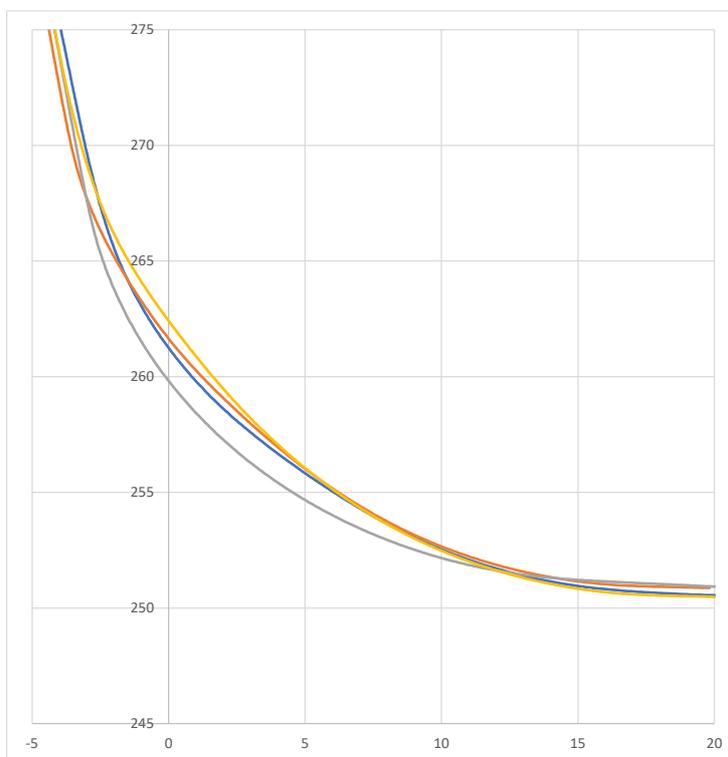
車名	C+Pod	アルト	IQ	クロスビー	ウェイク	ノート	カローラ アクシオ	CR-Z	カローラ フィールダー
車両重量 kg	430	650	950	960	1010	1080	1140	1170	1180
ホイールベース mm	1.53	2.46	2	2.44	2.46	2.6	2.6	2.44	2.6
旋回にかかった時間 s	1.83	3.04	4.72	4.78	5.02	5.43	5.79	5.97	5.99

車名	フリード	JPN TAXI	マツダ 6	NV350	LC	ハイエース SL	ハイエース ワゴン	センチュリー	LX	グラン エース
車両重量 kg	1380	1390	1530	1860	1940	1990	2040	2370	2680	2770
ホイールベース mm	2.74	2.75	2.75	2.56	2.87	3.11	3.11	3.09	2.85	3.21
旋回にかかった時間 s	7.12	7.18	7.95	9.83	10.27	10.53	10.81	12.65	14.43	14.9

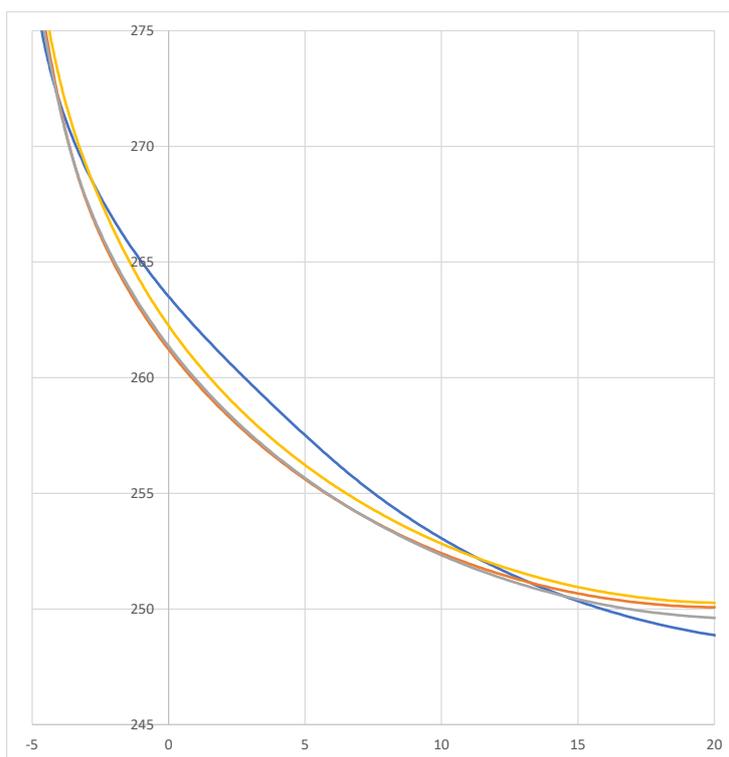
Sample2 Indicator 1 related figures



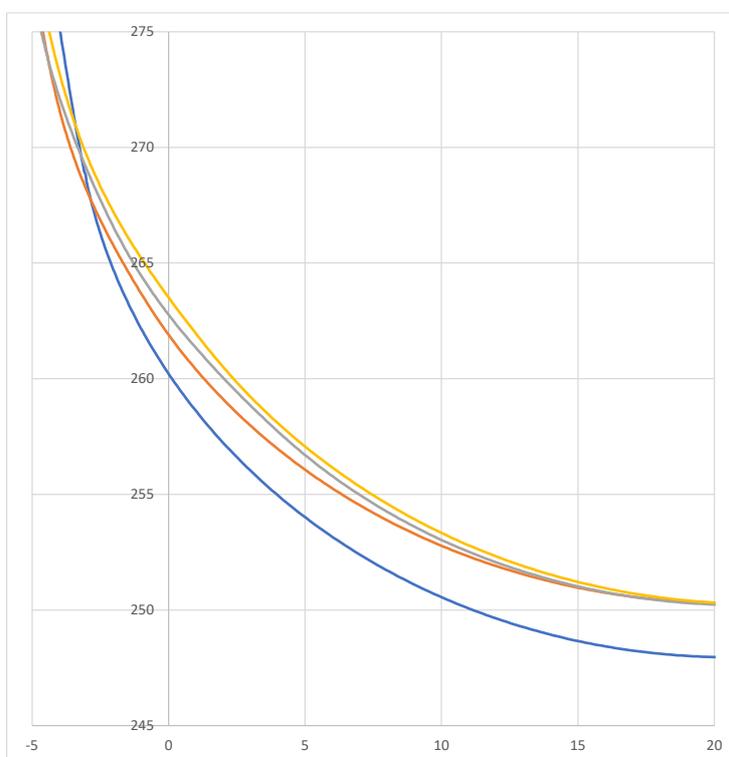
Sample3.1 Car A, No Assist,35km/h



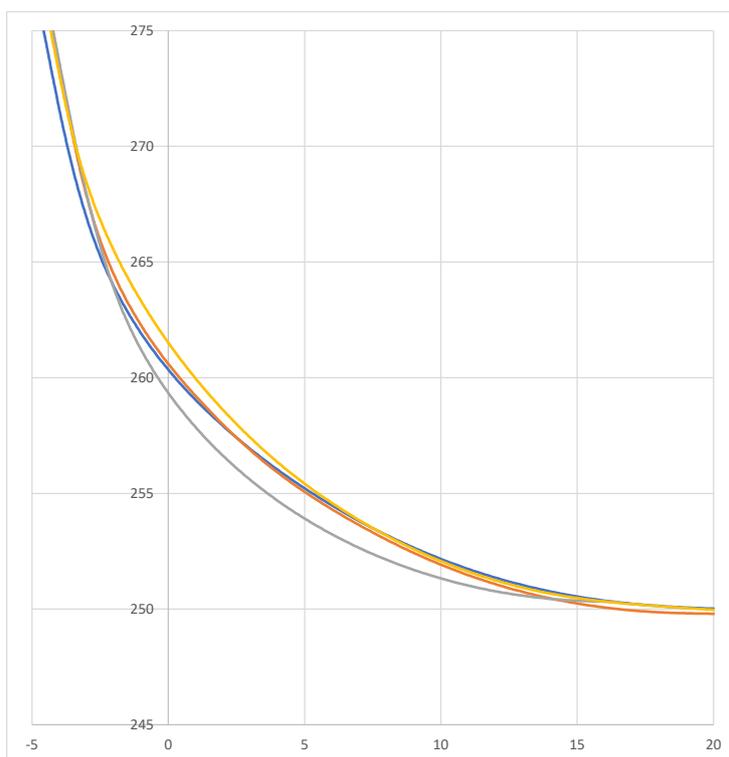
Sample3.2 Car A, With Assist,35km/h



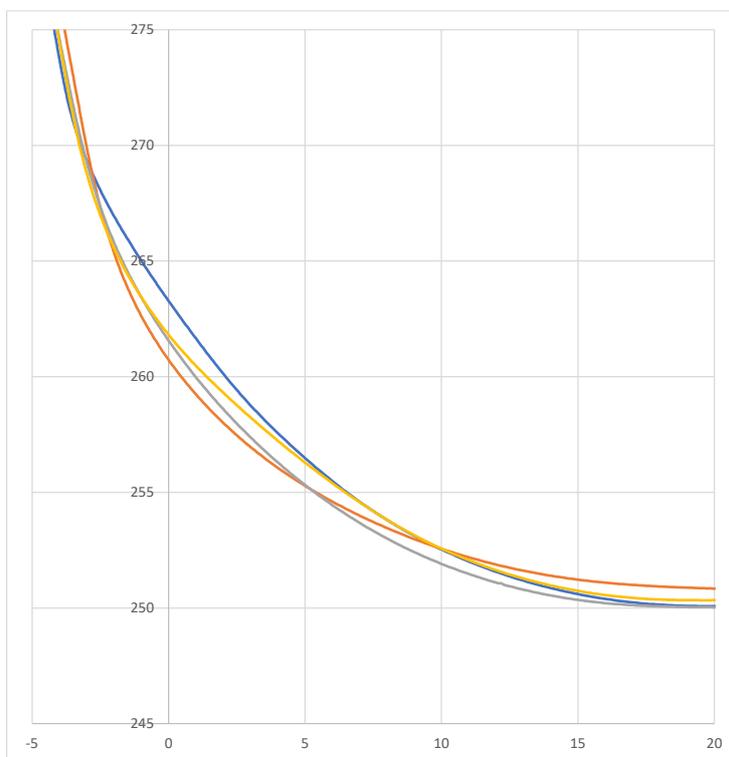
Sample3.3 Car A, No Assist,50km/h



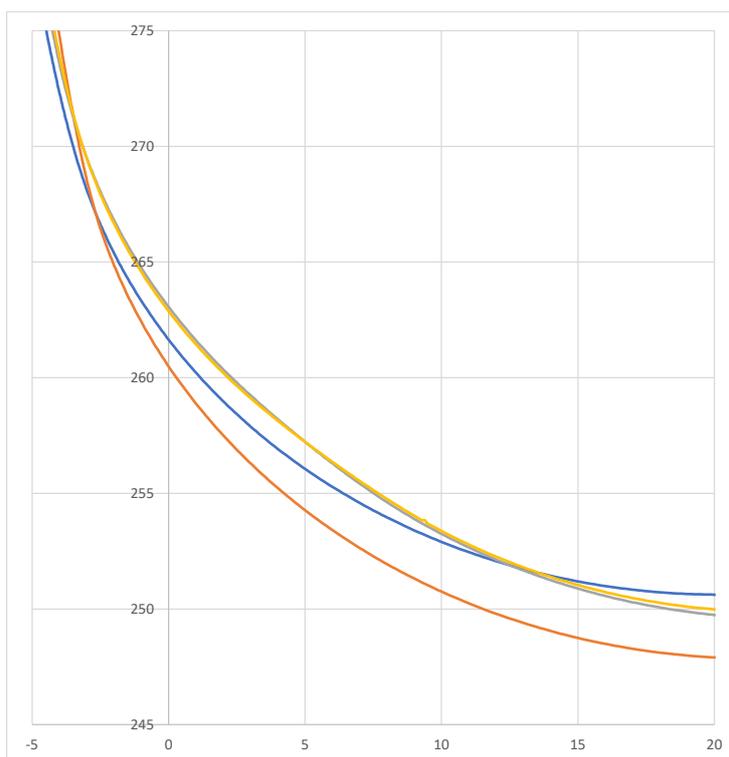
Sample3.4 Car A, With Assist,50km/h



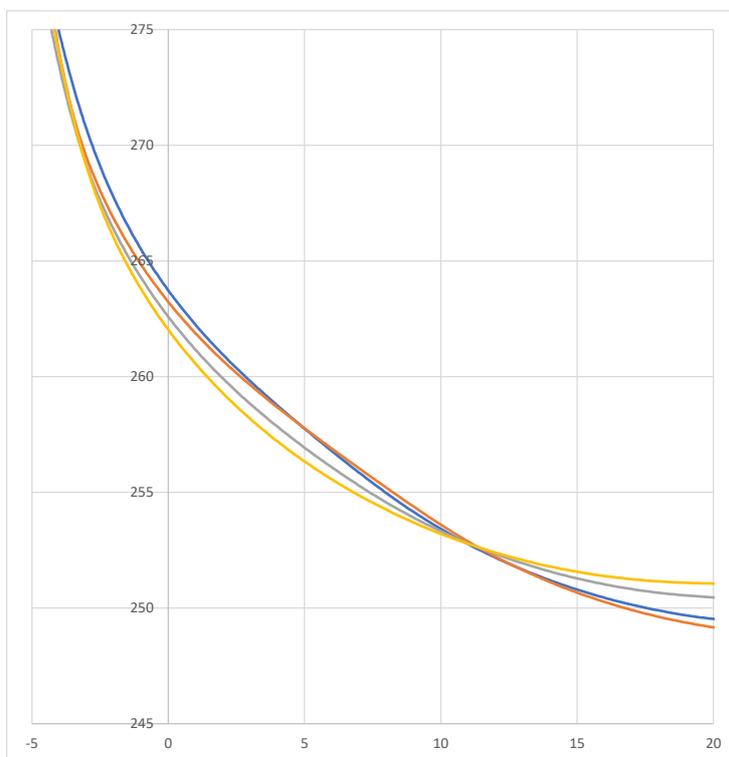
Sample3.5 Car B, No Assist,35km/h



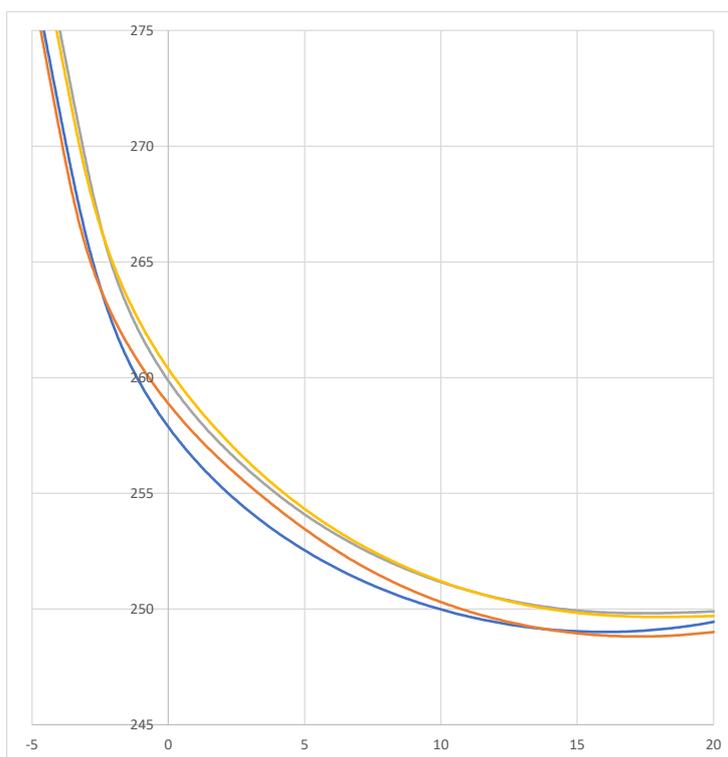
Sample3.6 Car B, With Assist,35km/h



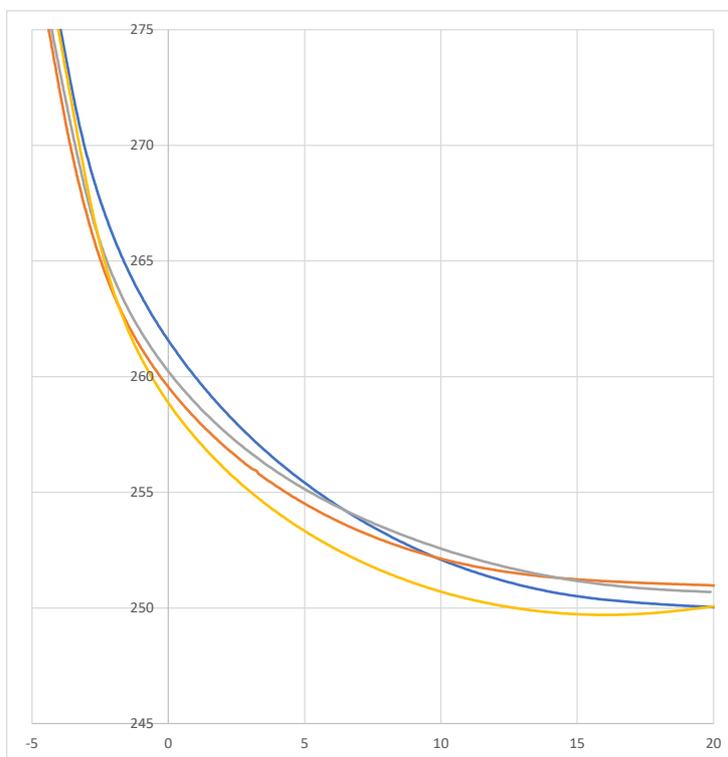
Sample3.7 Car B, No Assist,50km/h



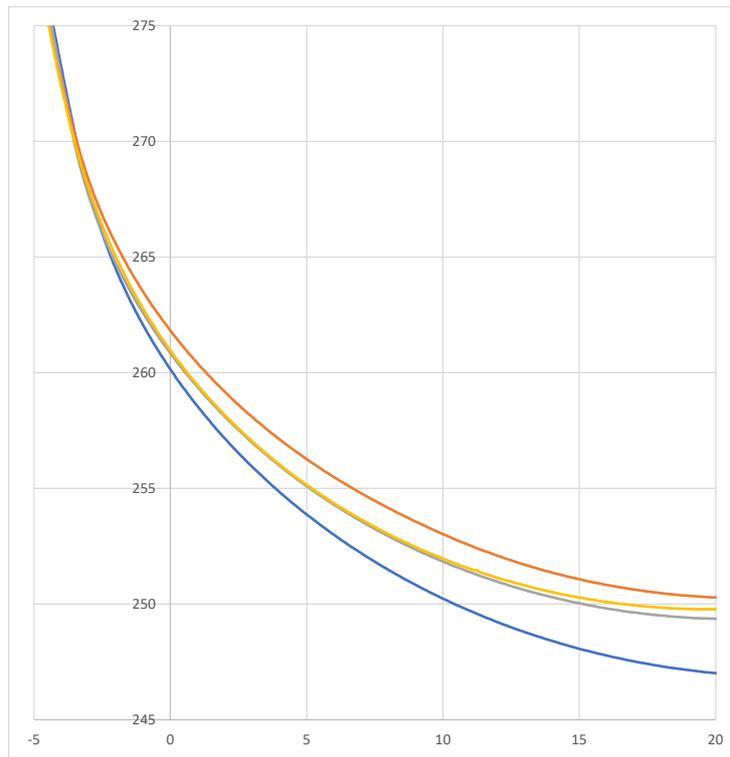
Sample3.8 Car B, With Assist,50km/h



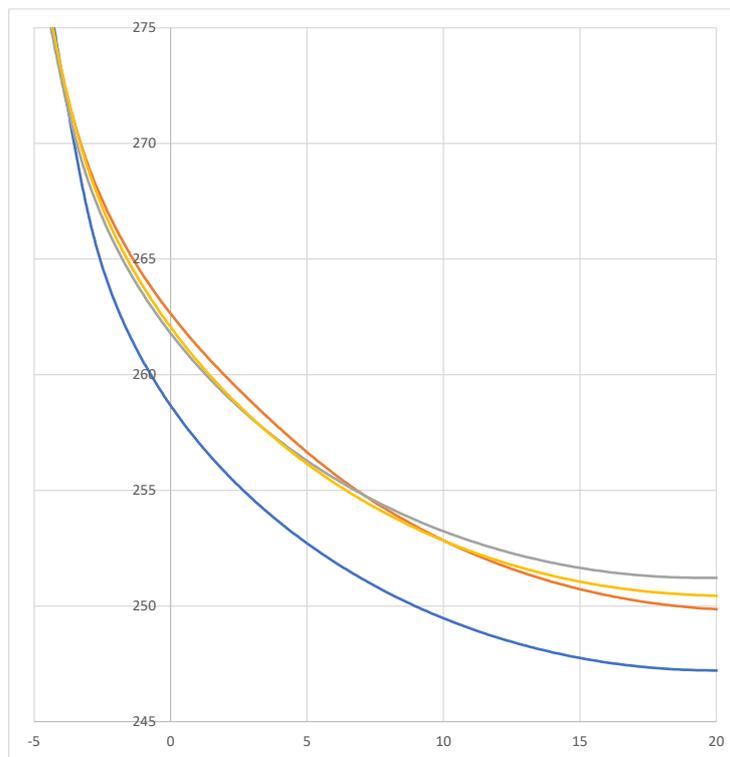
Sample3.9 Car C, No Assist,35km/h



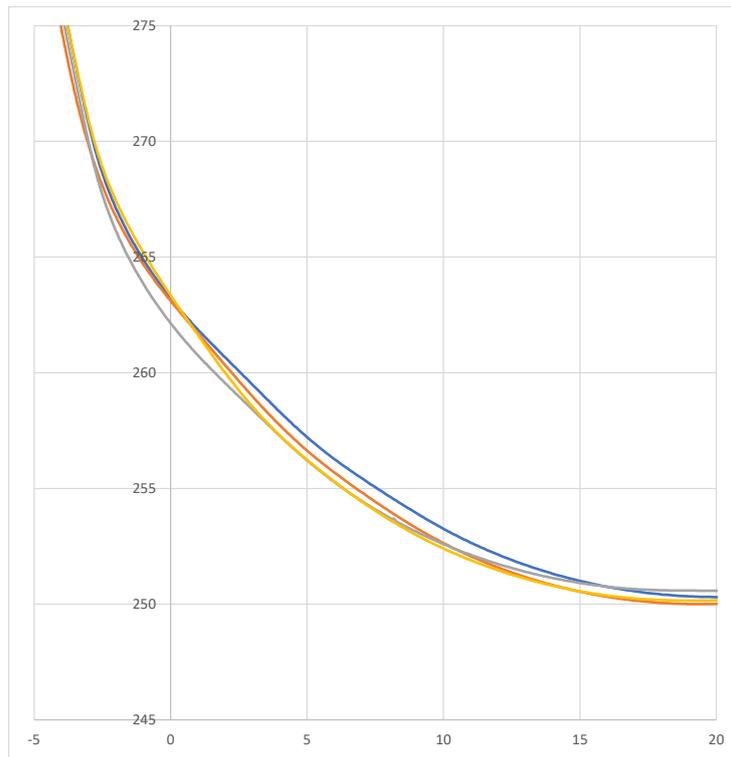
Sample3.10 Car C, With Assist,35km/h



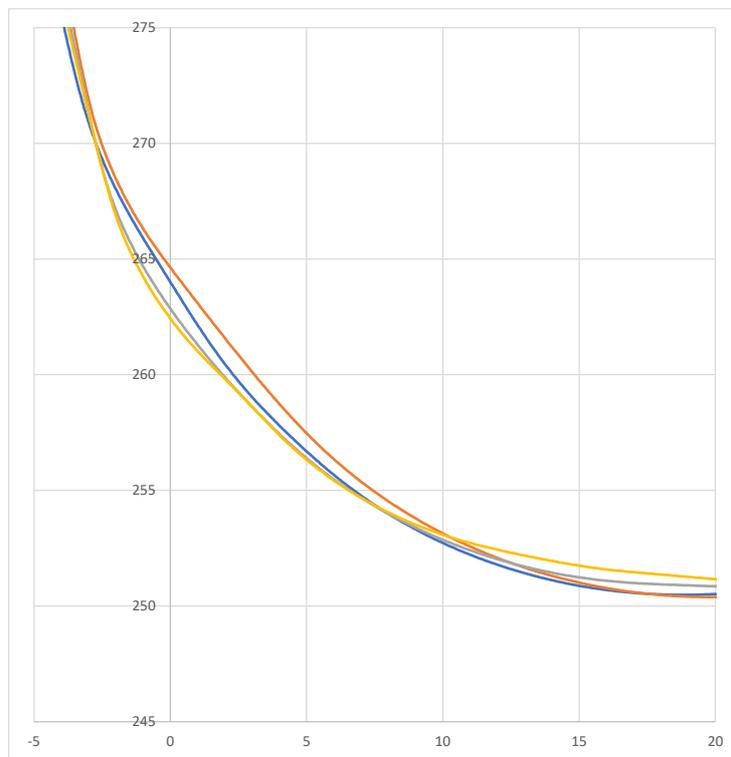
Sample3.11 Car C, No Assist,50km/h



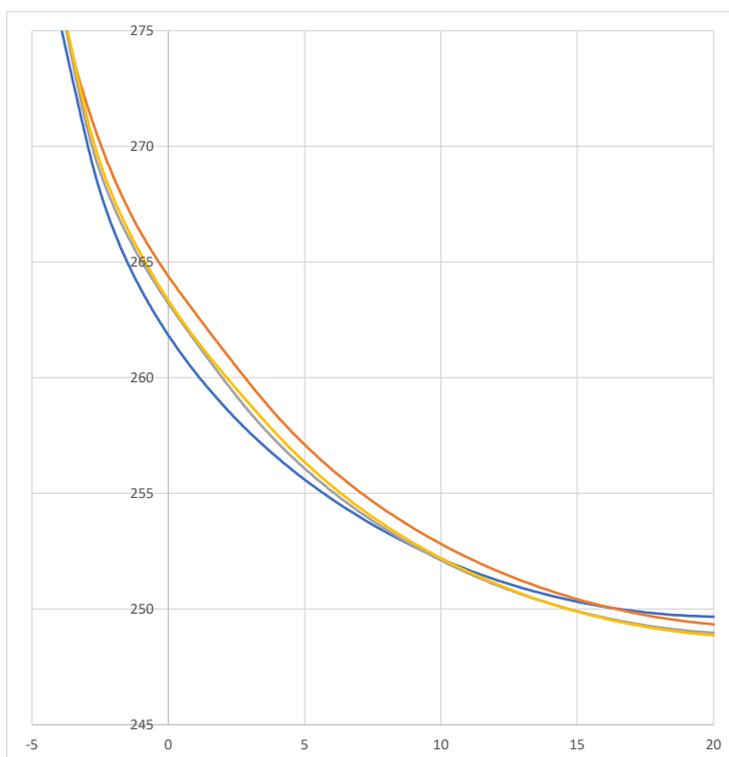
Sample3.12 Car C, With Assist,50km/h



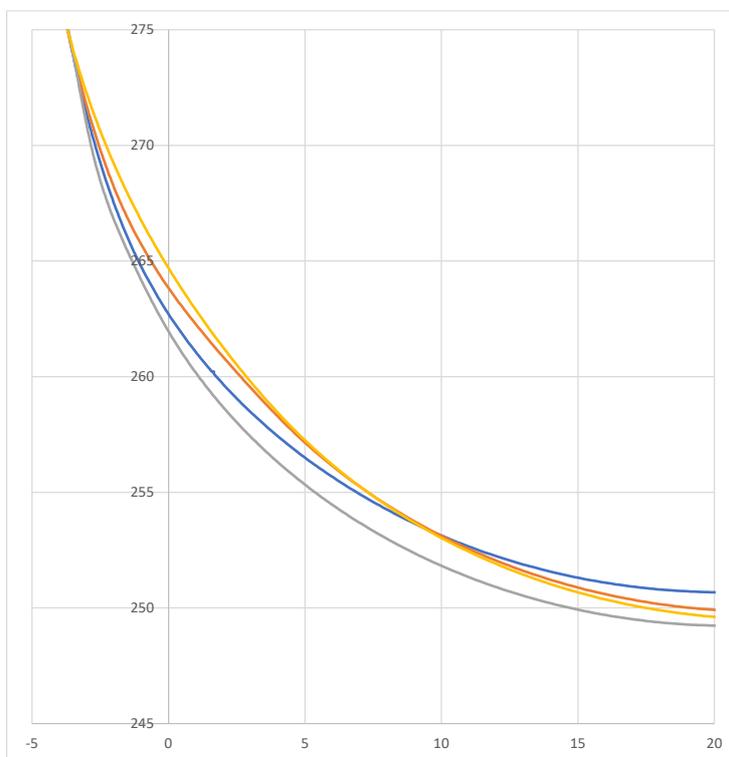
Sample4.1 Car A, No Assist,35km/h



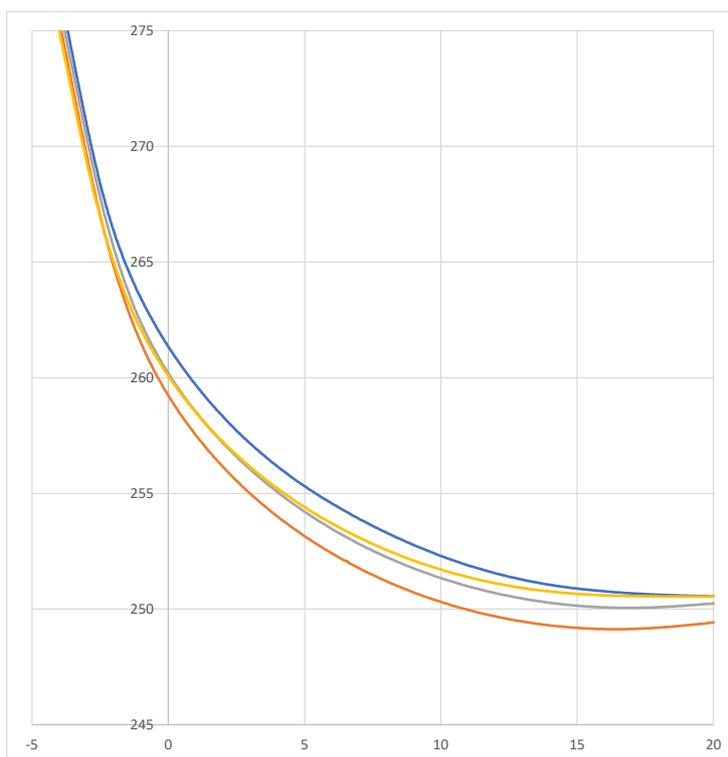
Sample4.2 Car A, With Assist,35km/h



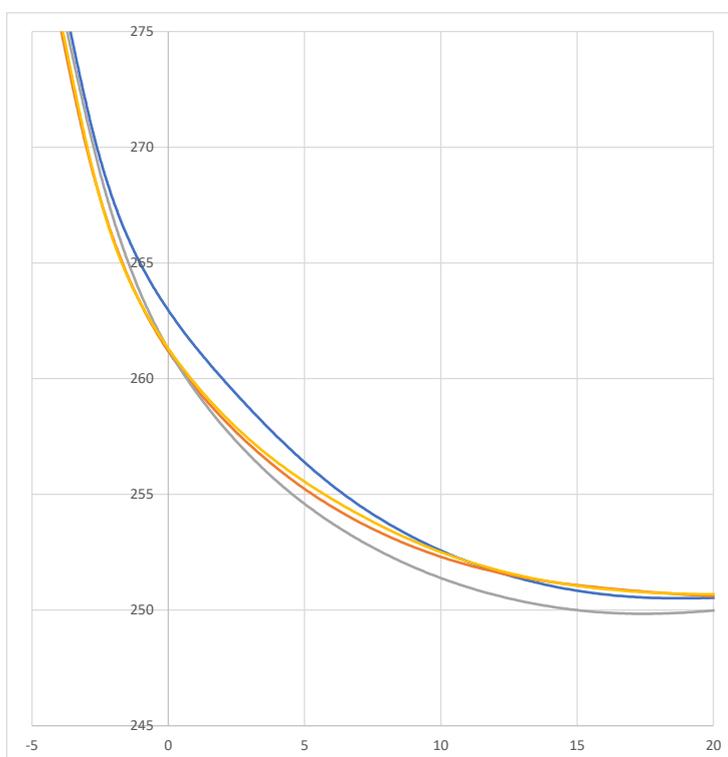
Sample4.3 Car A, No Assist,50km/h



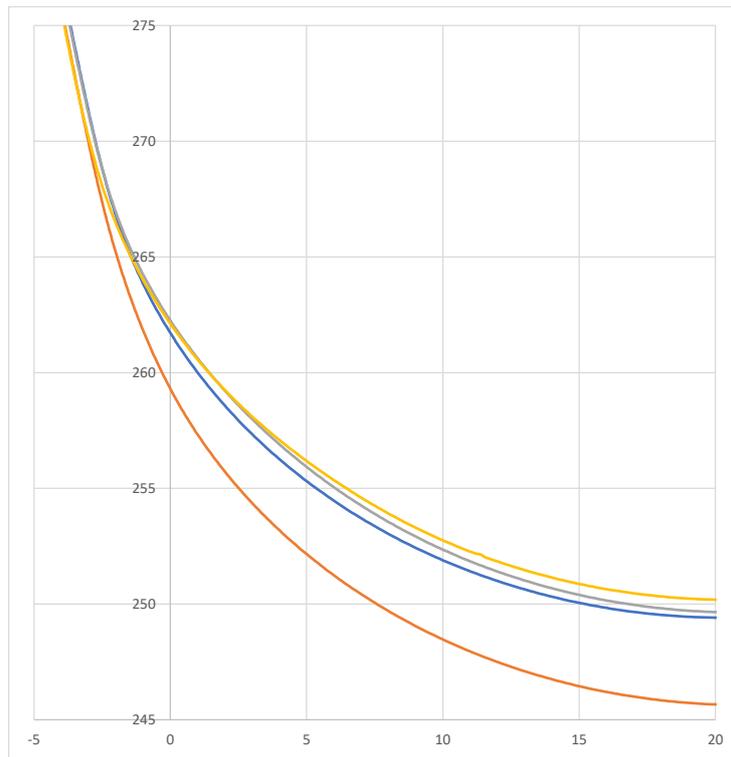
Sample4.4 Car A, With Assist,50km/h



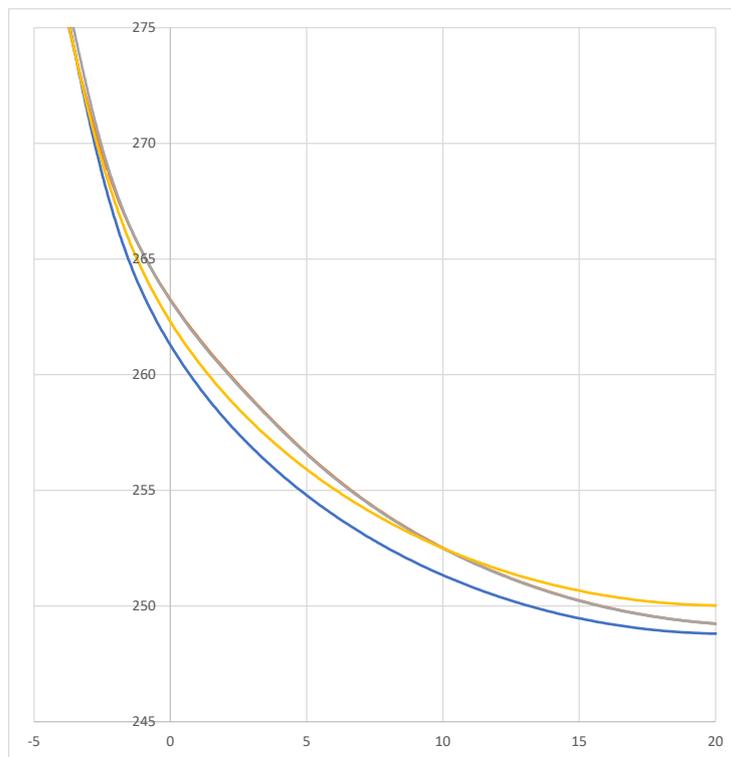
Sample4.5 Car B, No Assist,35km/h



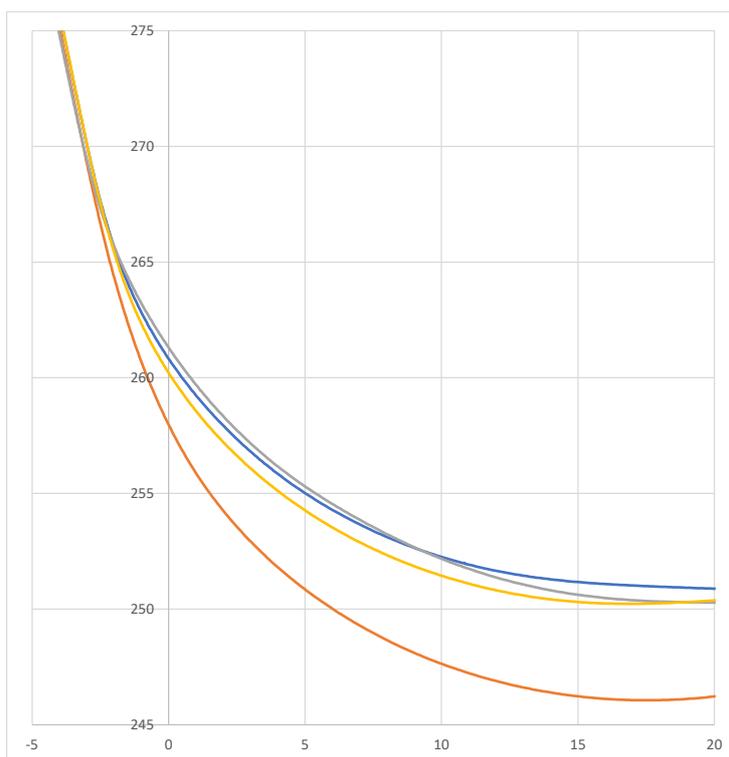
Sample4.6 Car B, With Assist,35km/h



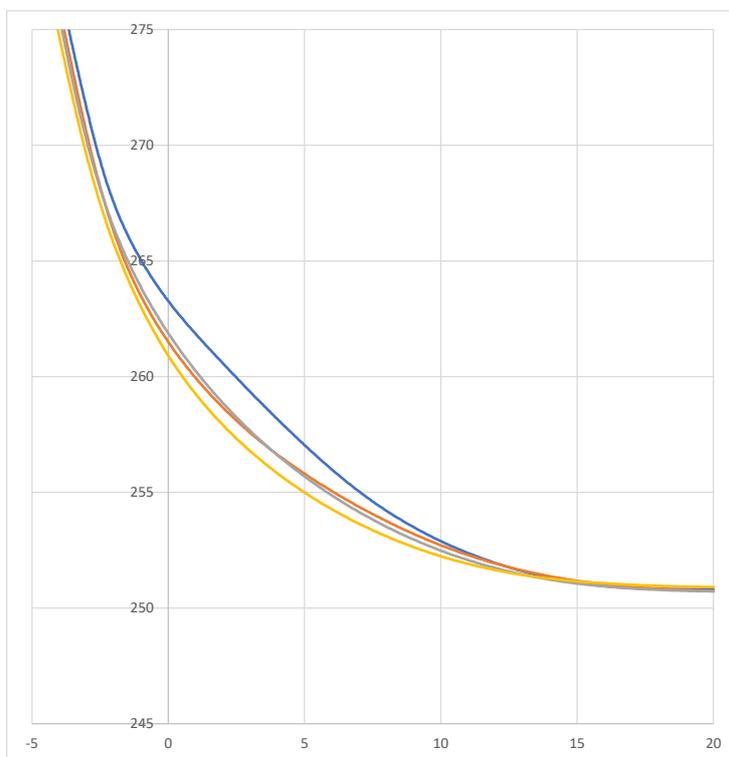
Sample4.7 Car B, No Assist,50km/h



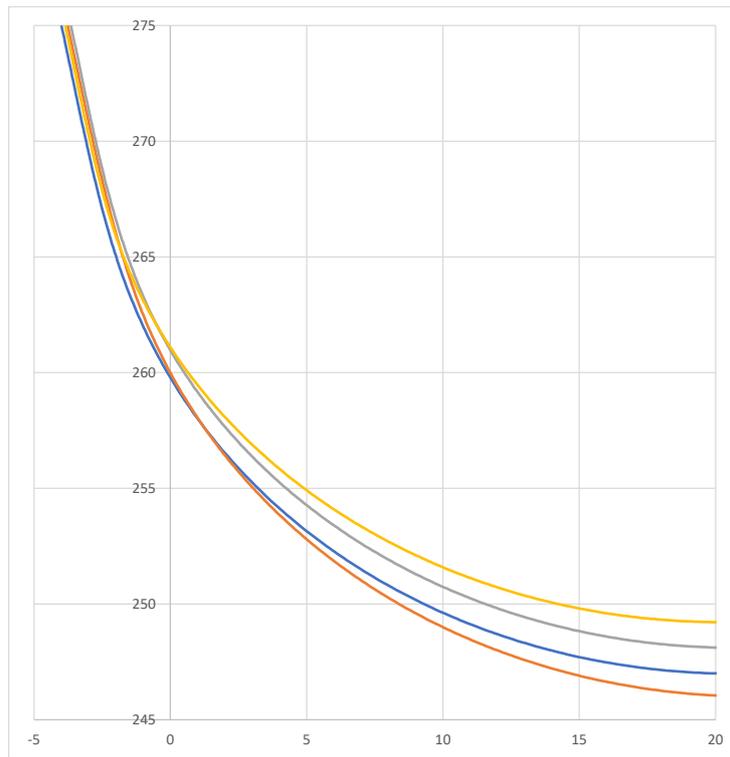
Sample4.8 Car B, With Assist,50km/h



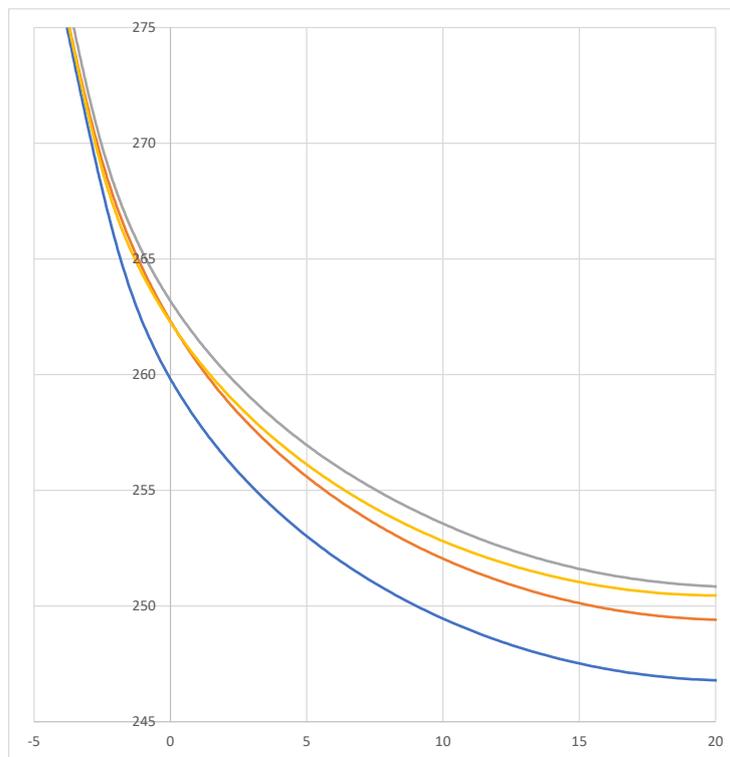
Sample4.9 Car C, No Assist,35km/h



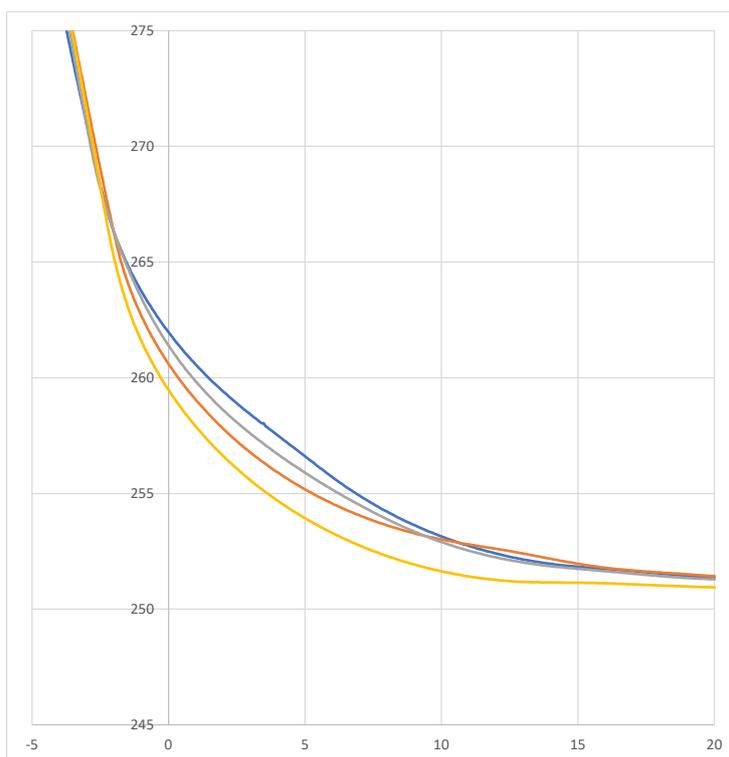
Sample4.10 Car C, With Assist,35km/h



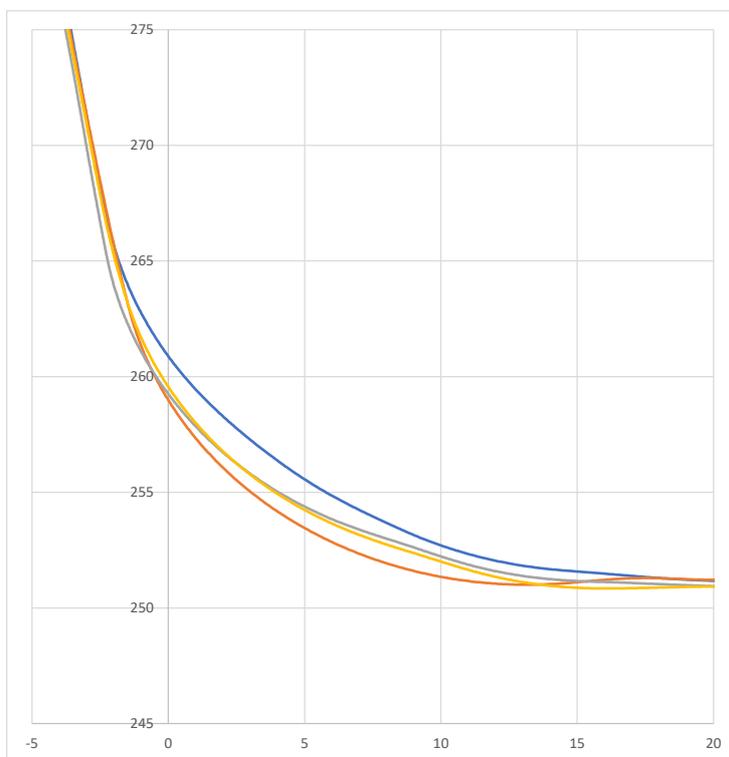
Sample4.11 Car C, No Assist,50km/h



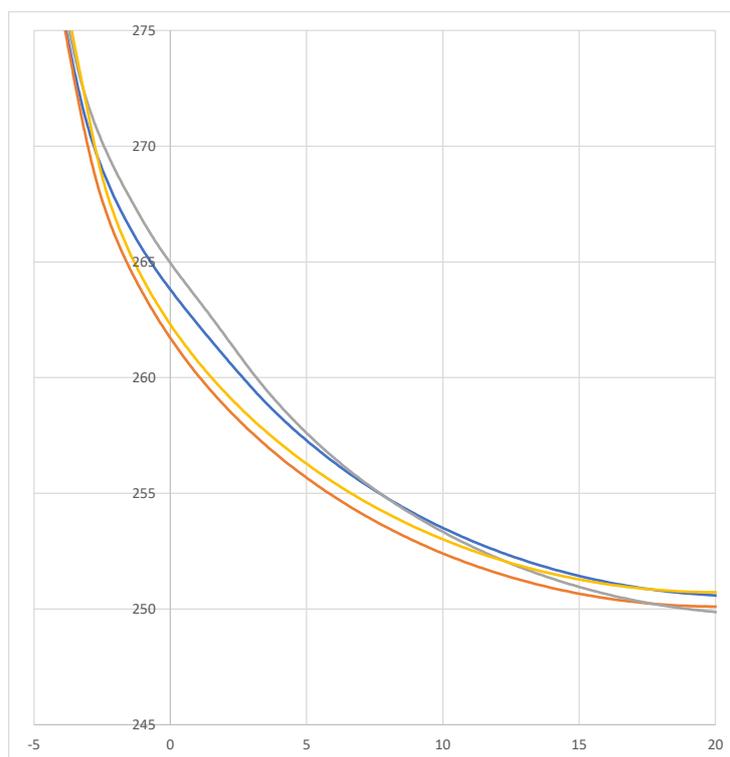
Sample4.12 Car C, With Assist,50km/h



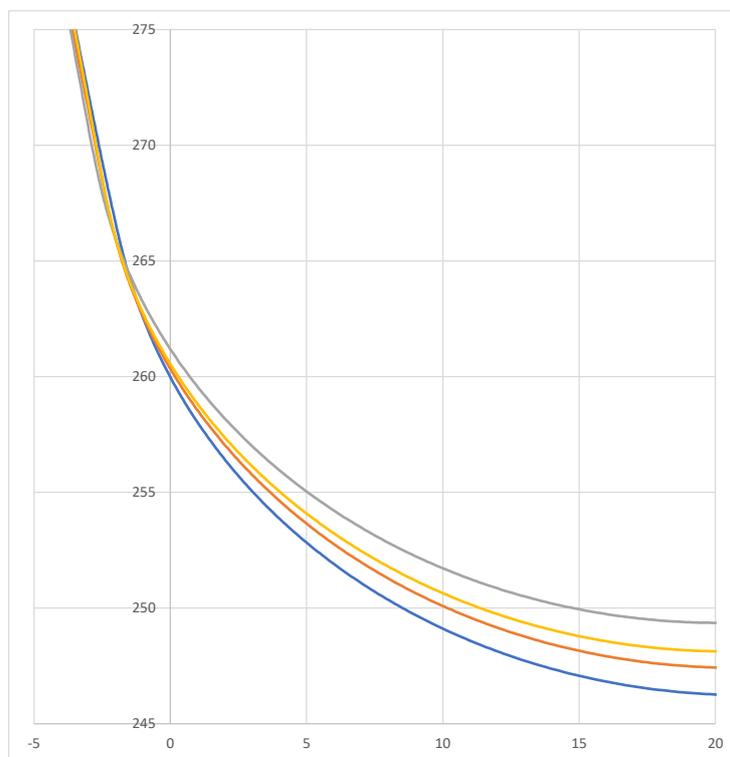
Sample5.1 Car A, No Assist,35km/h



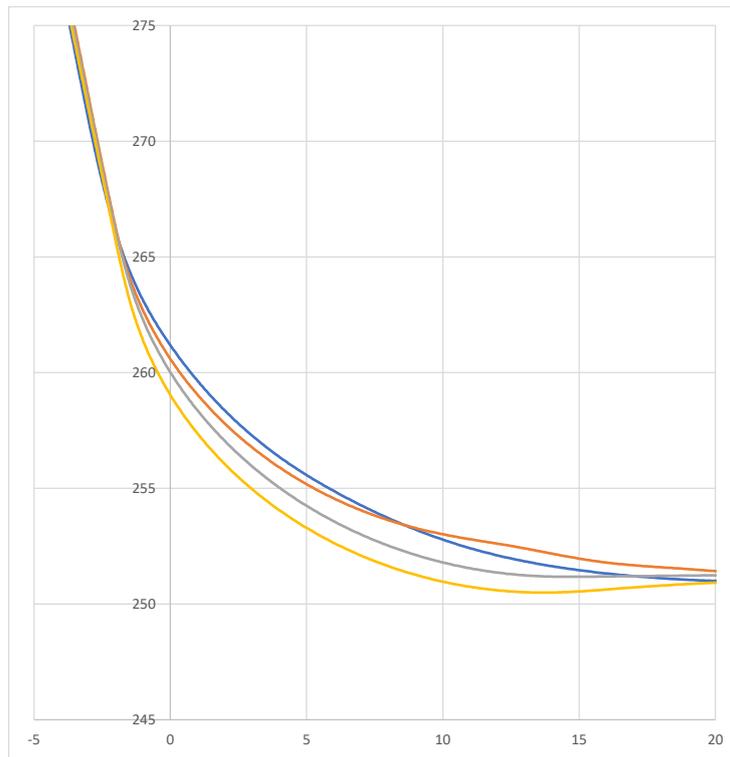
Sample5.2 Car A, With Assist,35km/h



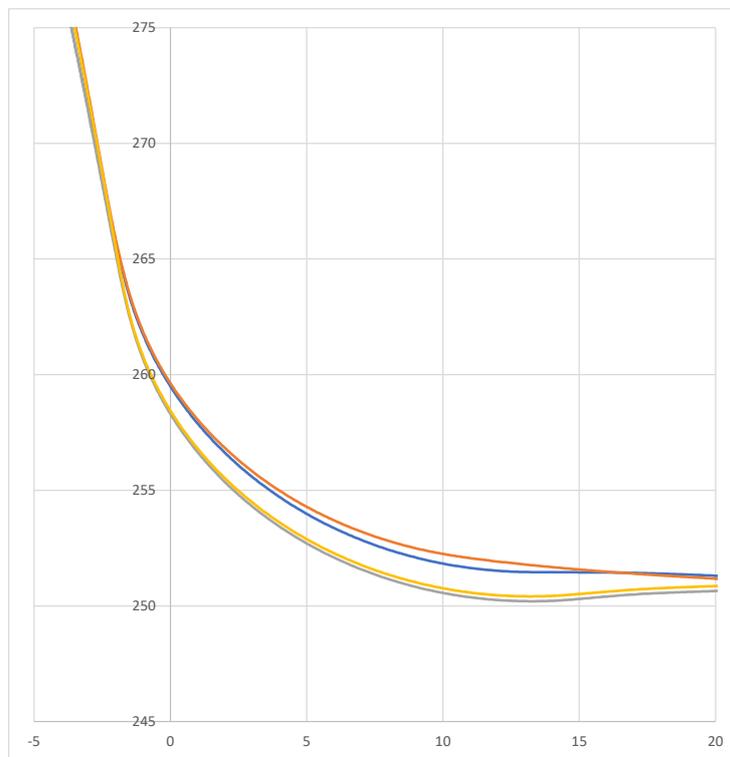
Sample5.3 Car A, No Assist,50km/h



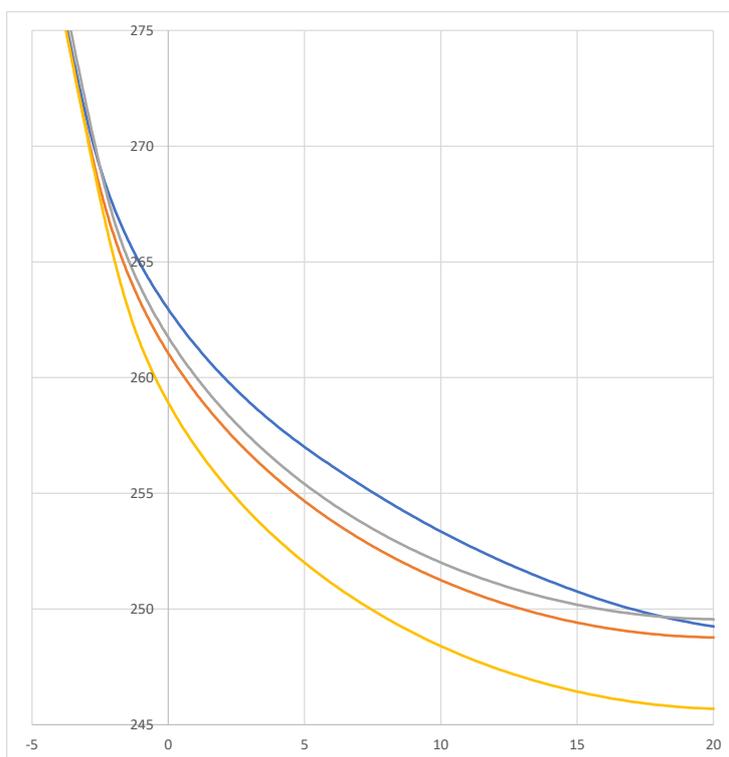
Sample5.4 Car A, With Assist,50km/h



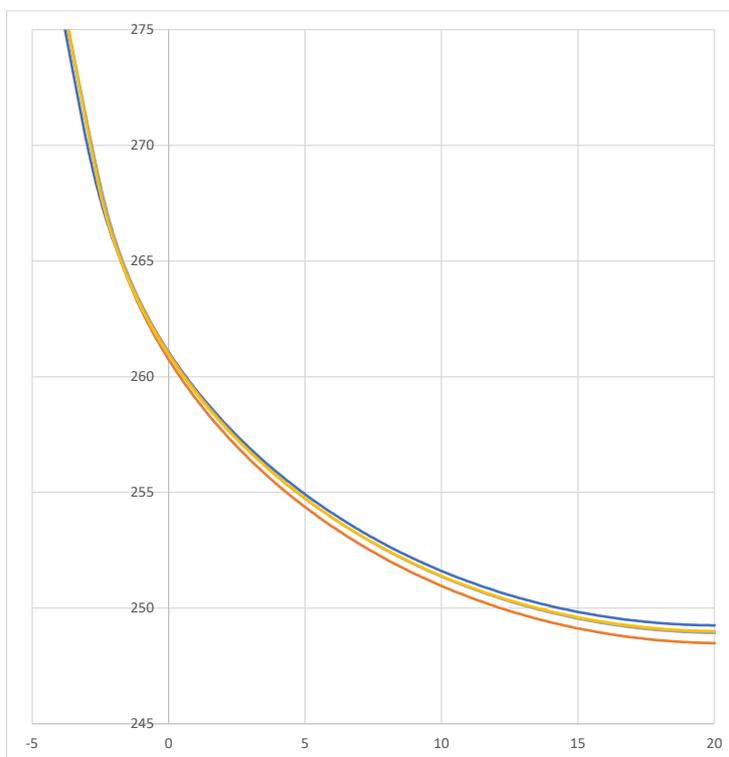
Sample5.5 Car B, No Assist,35km/h



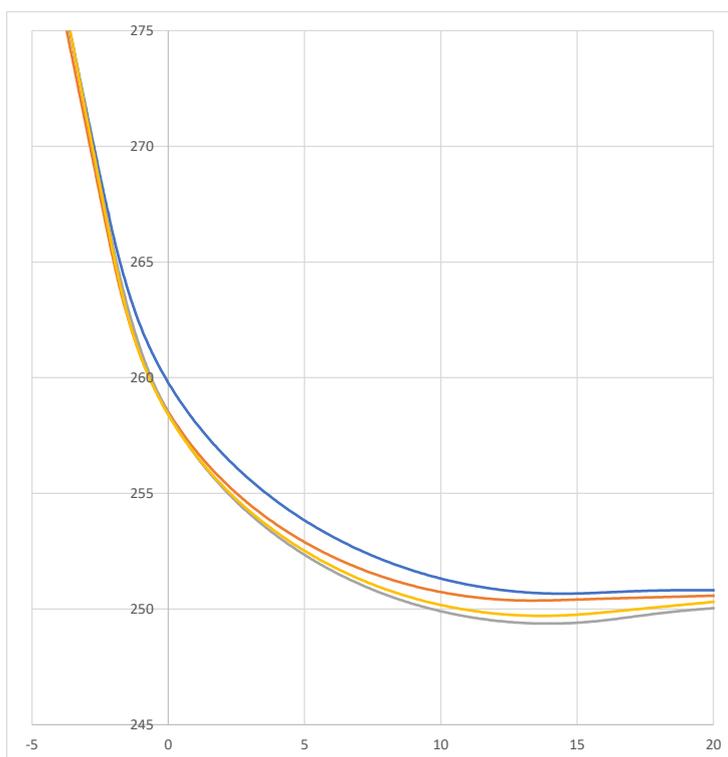
Sample5.6 Car B, With Assist,35km/h



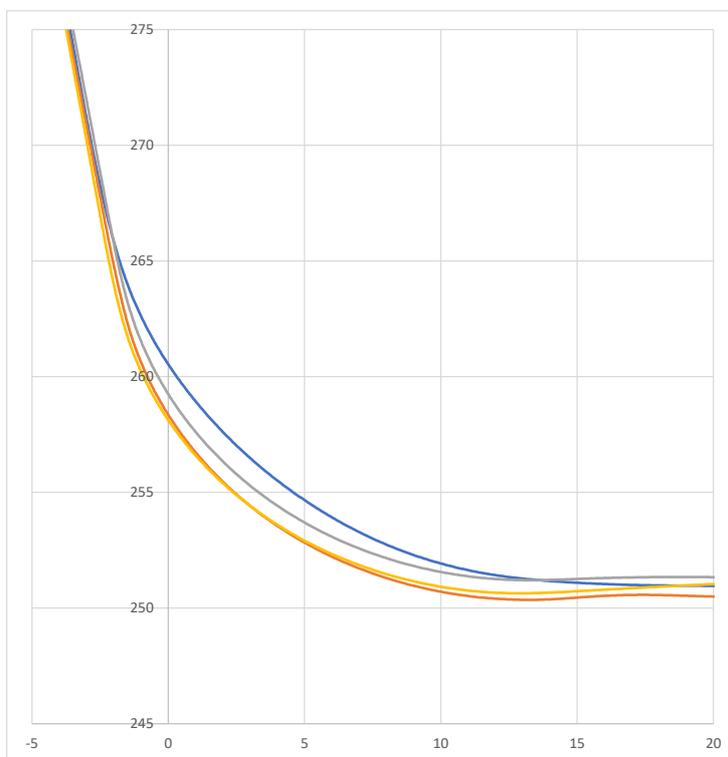
Sample5.7 Car B, No Assist,50km/h



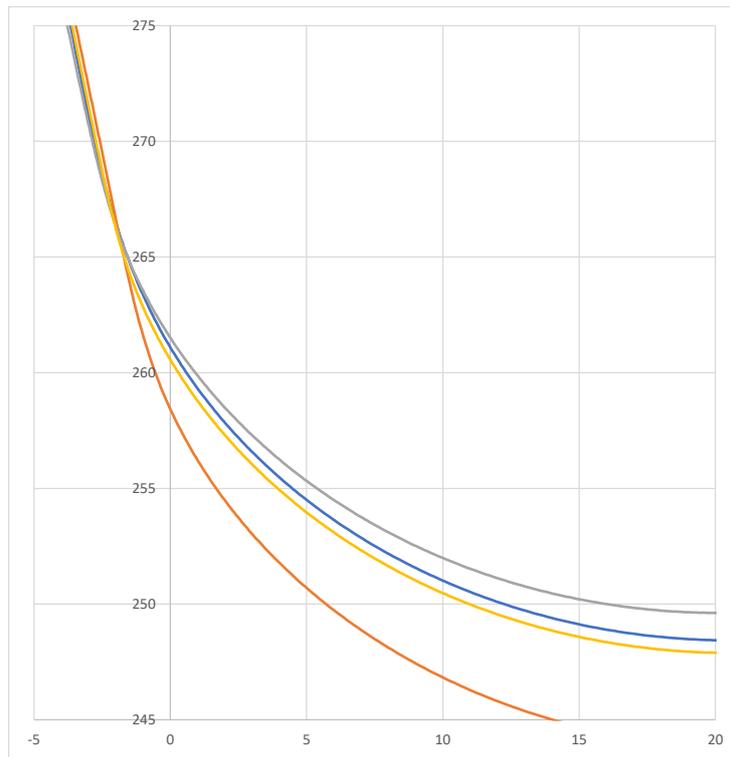
Sample5.8 Car B, With Assist,50km/h



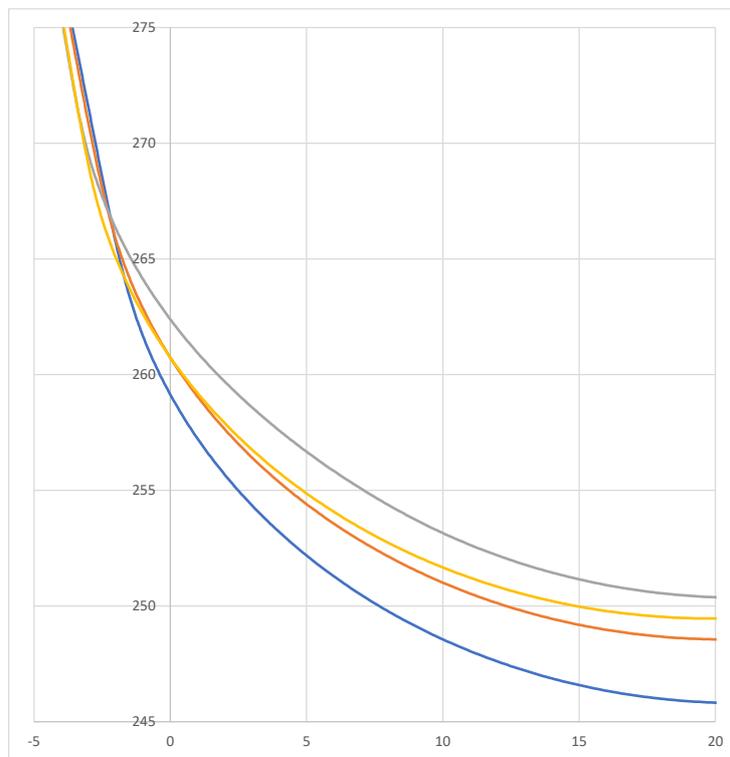
Sample5.9 Car C, No Assist,35km/h



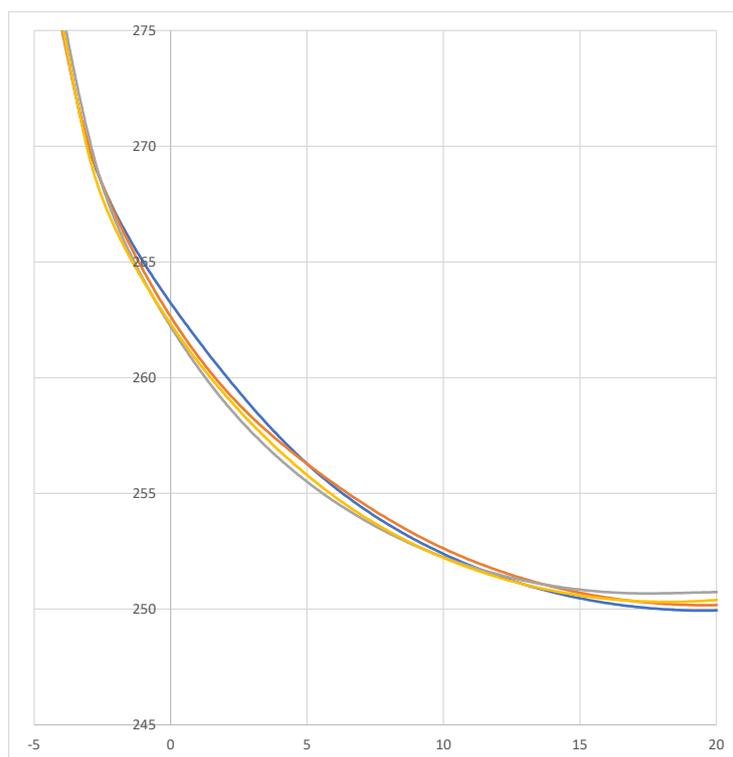
Sample5.10 Car C, With Assist,35km/h



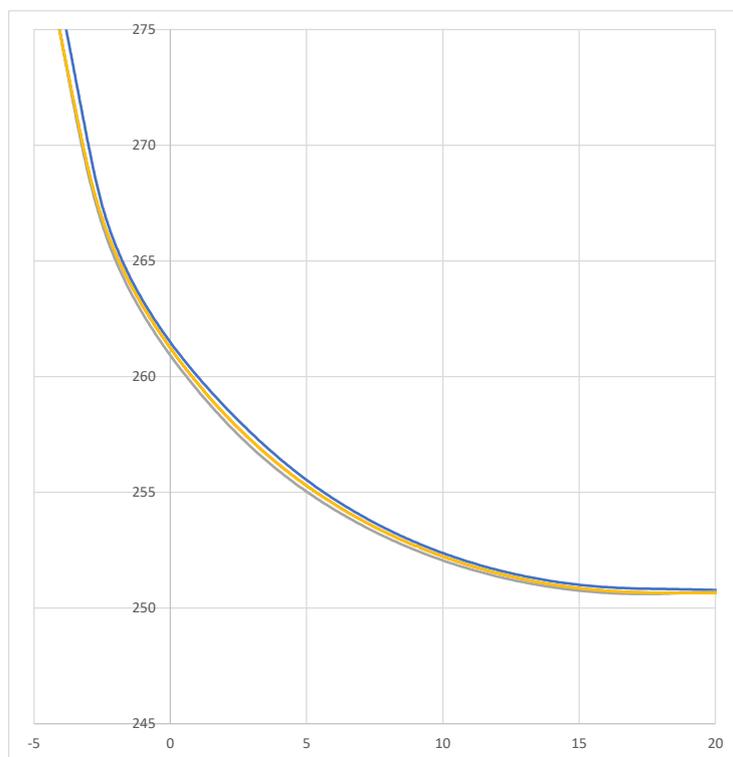
Sample5.11 Car C, No Assist,50km/h



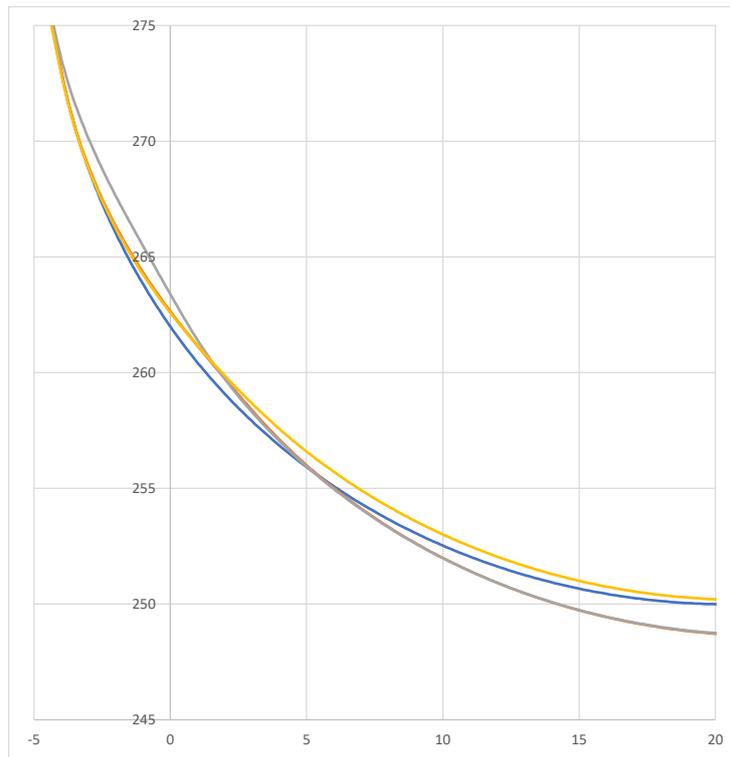
Sample5.12 Car C, With Assist,50km/h



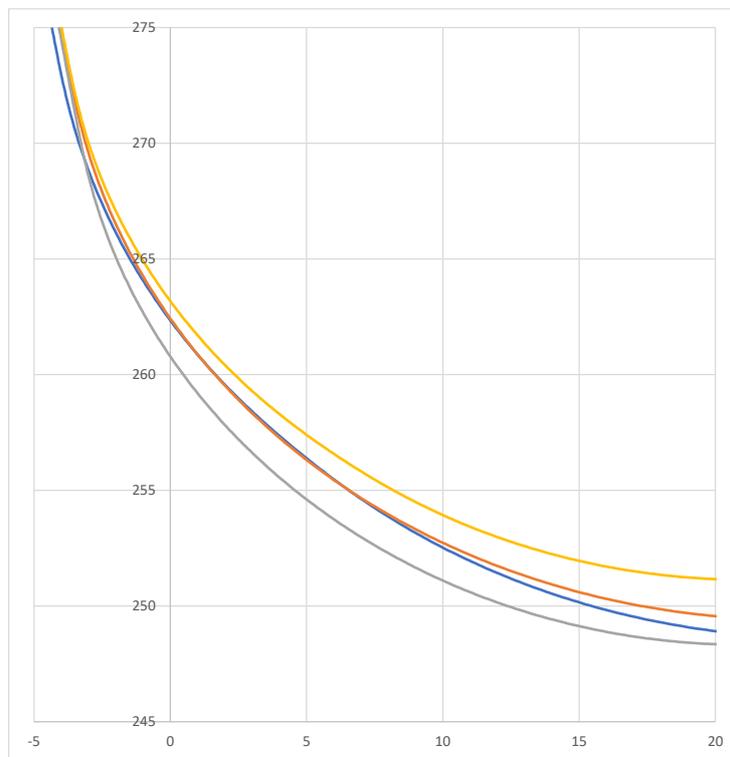
Sample6.1 Car A, No Assist,35km/h



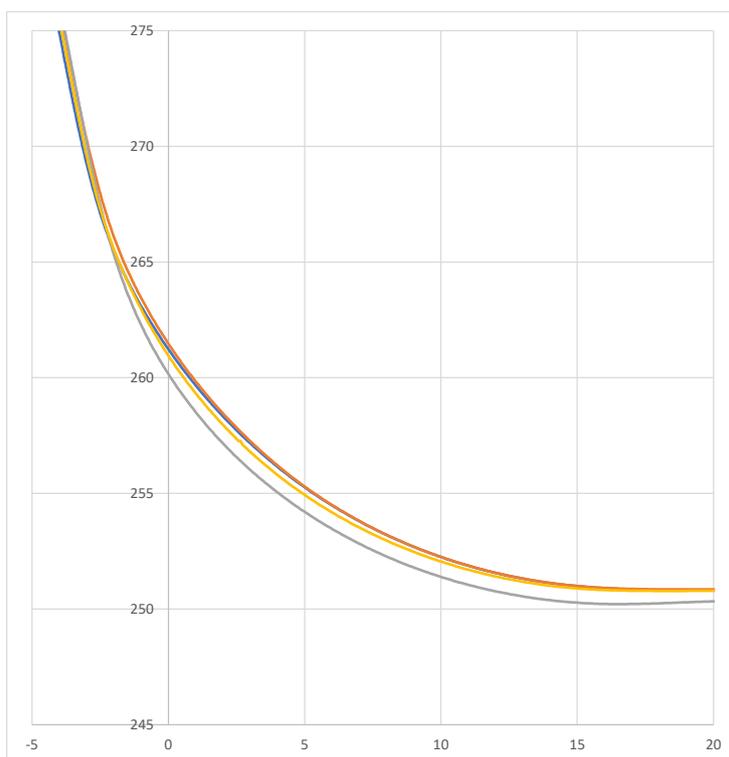
Sample6.2 Car A, With Assist,35km/h



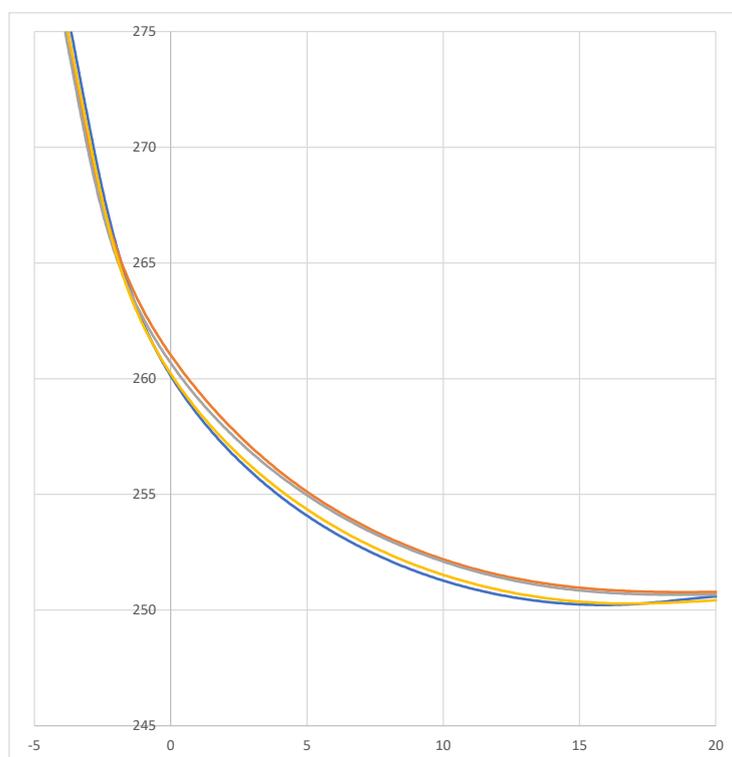
Sample6.3 Car A, No Assist,50km/h



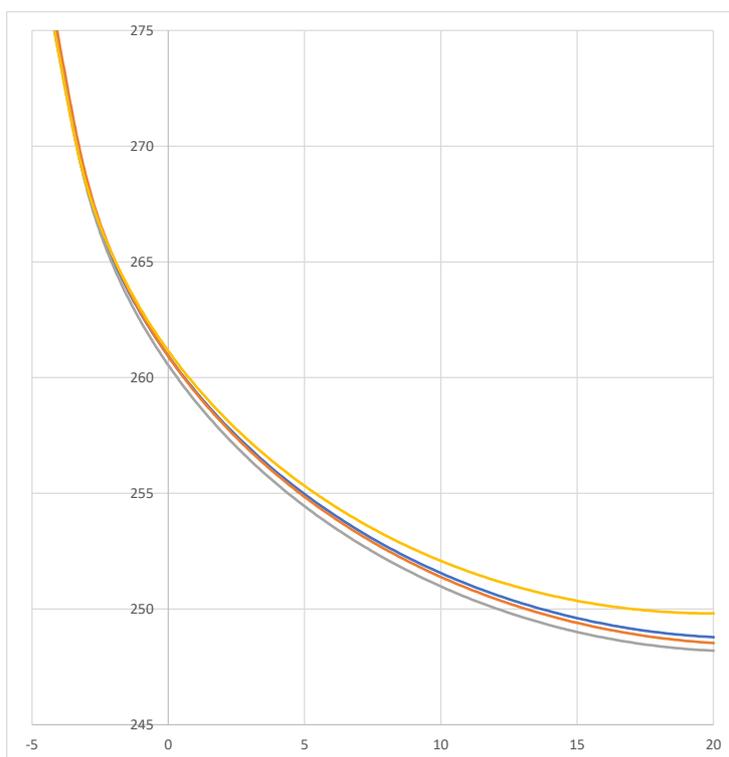
Sample6.4 Car A, With Assist,50km/h



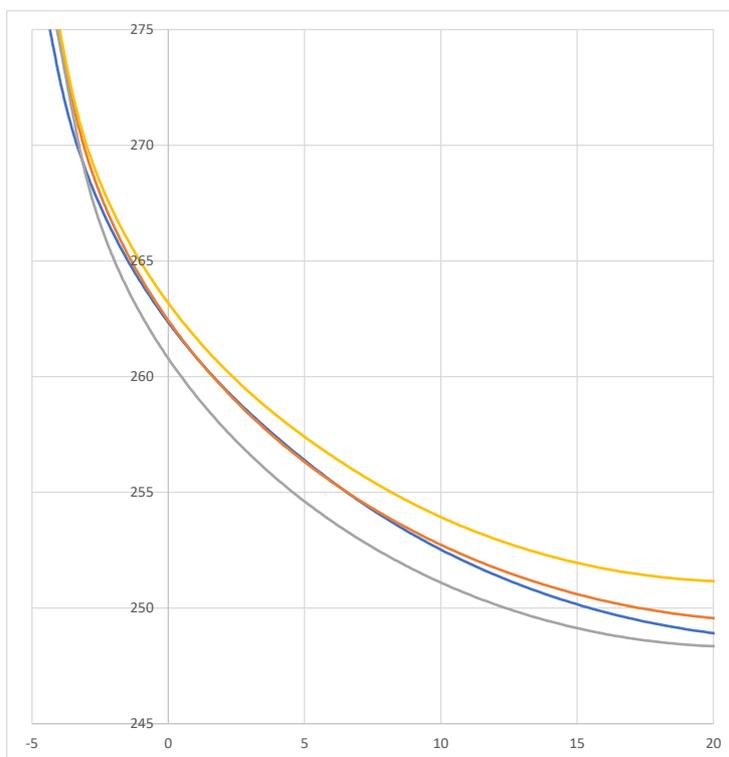
Sample6.5 Car B, No Assist,35km/h



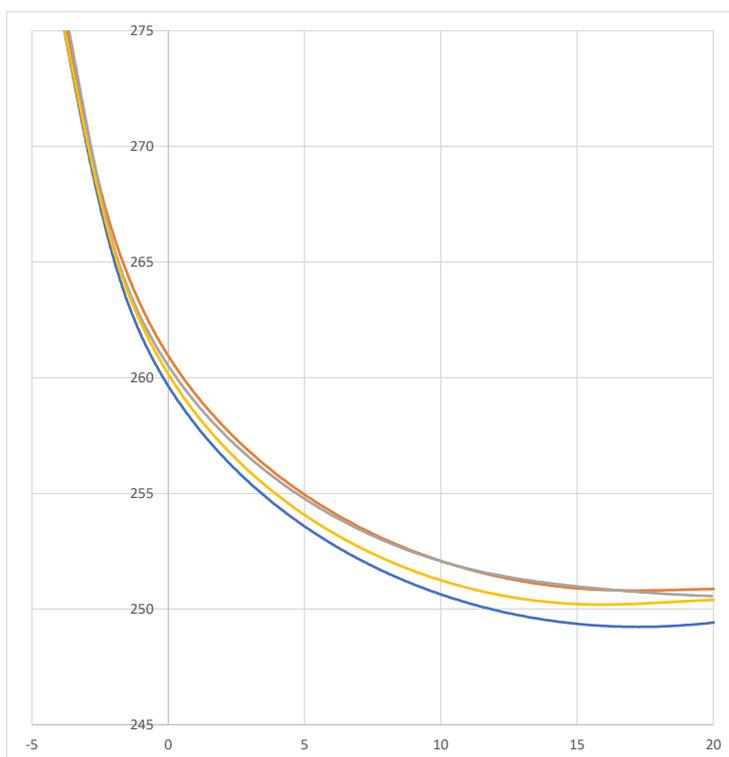
Sample6.6 Car B, With Assist,35km/h



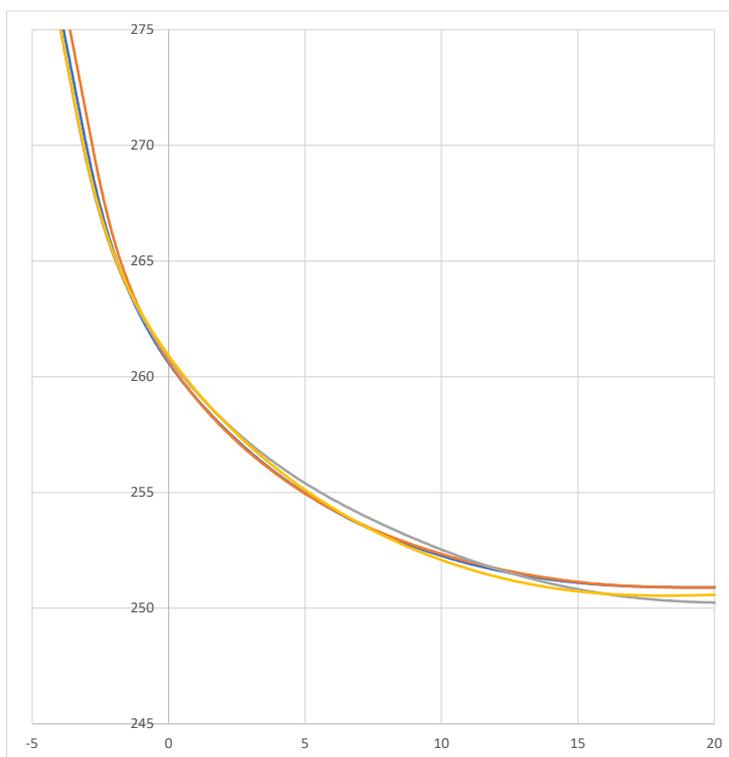
Sample6.7 Car B, No Assist,50km/h



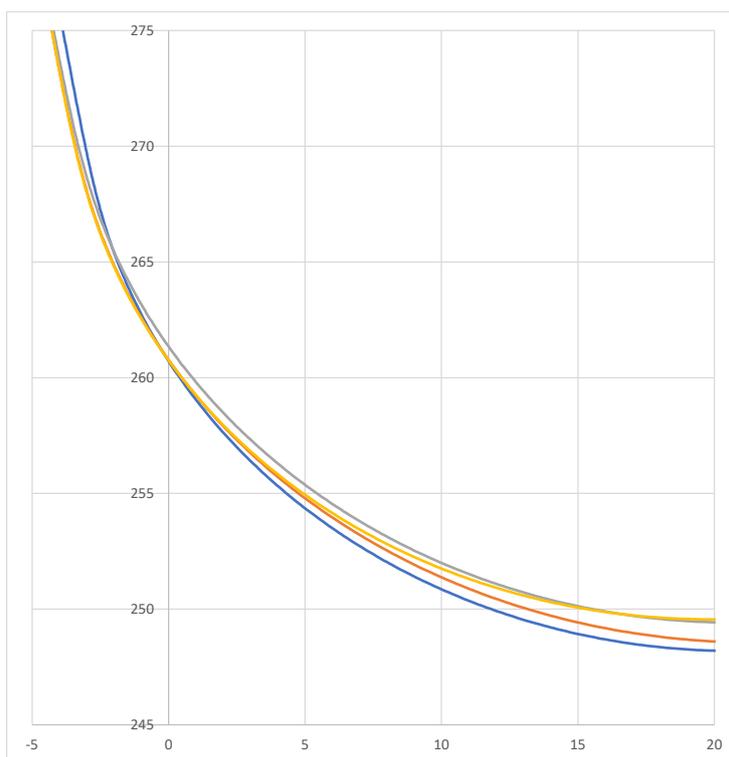
Sample6.8 Car B, With Assist,50km/h



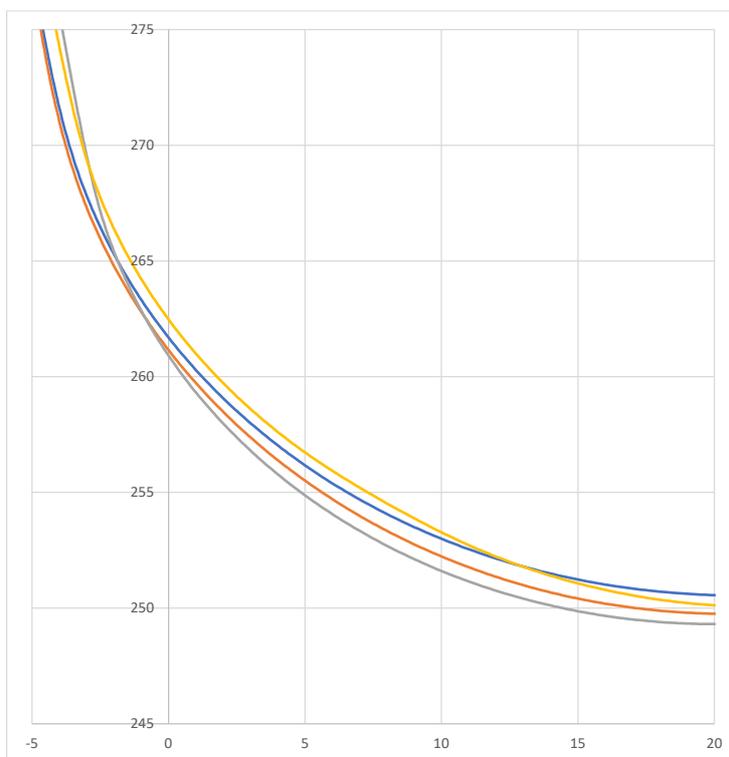
Sample6.9 Car C, No Assist,35km/h



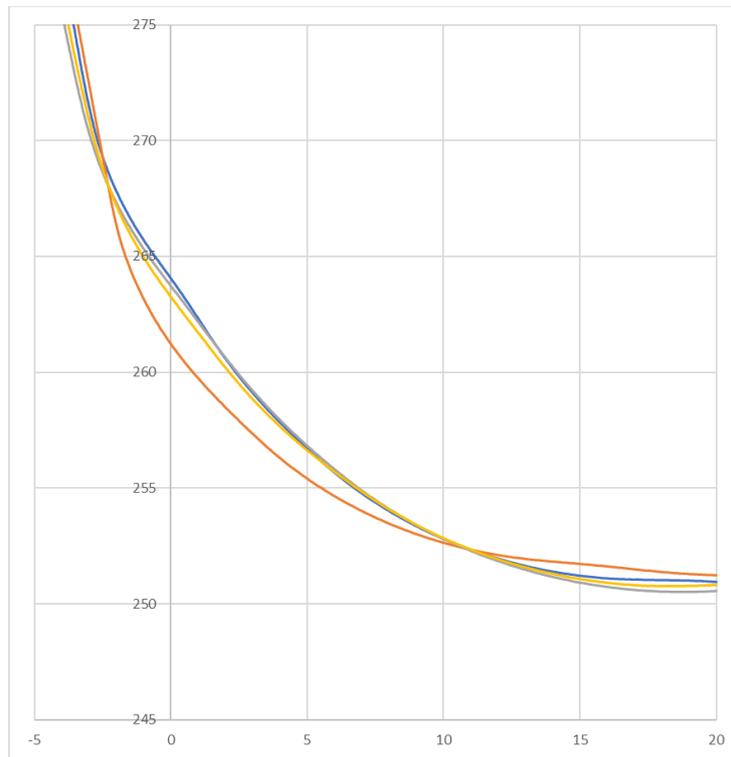
Sample6.10 Car C, With Assist,35km/h



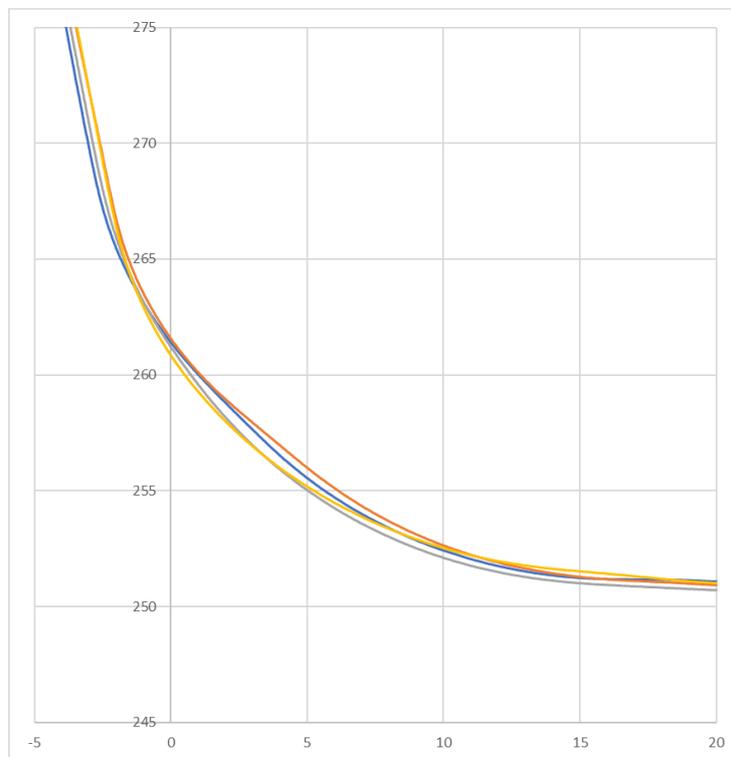
Sample6.11 Car C, No Assist,50km/h



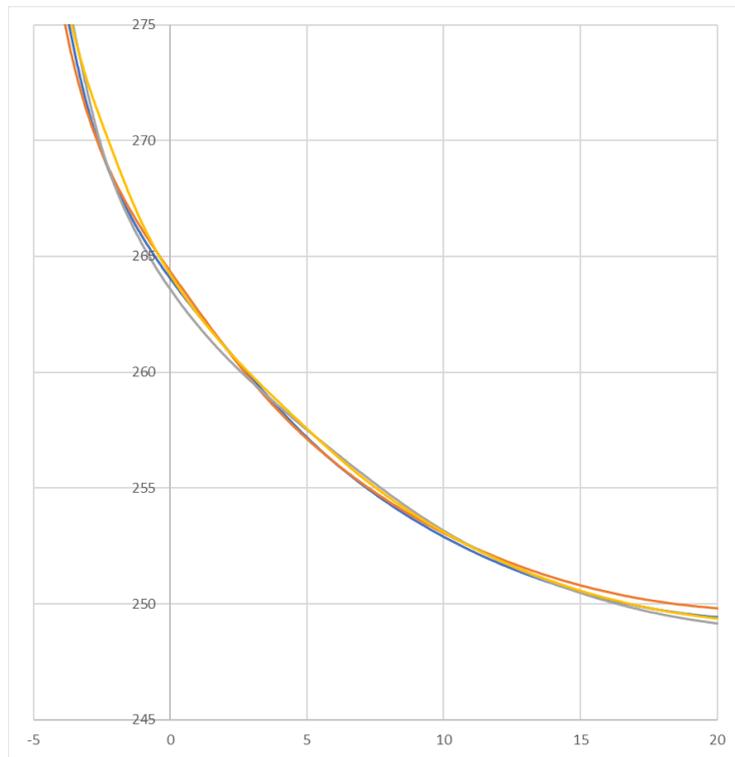
Sample6.12 Car C, With Assist,50km/h



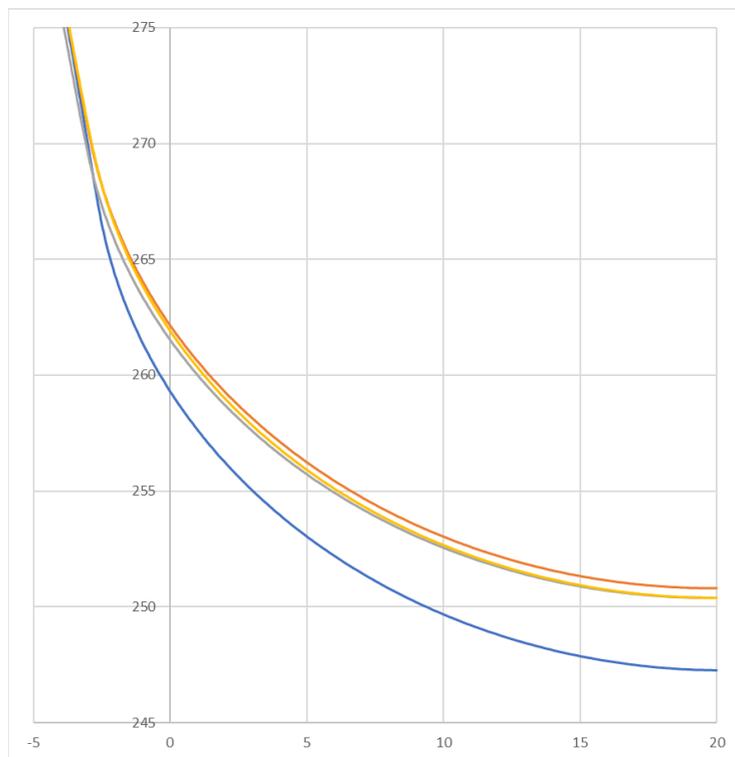
Sample7.1 Car A, No Assist,35km/h



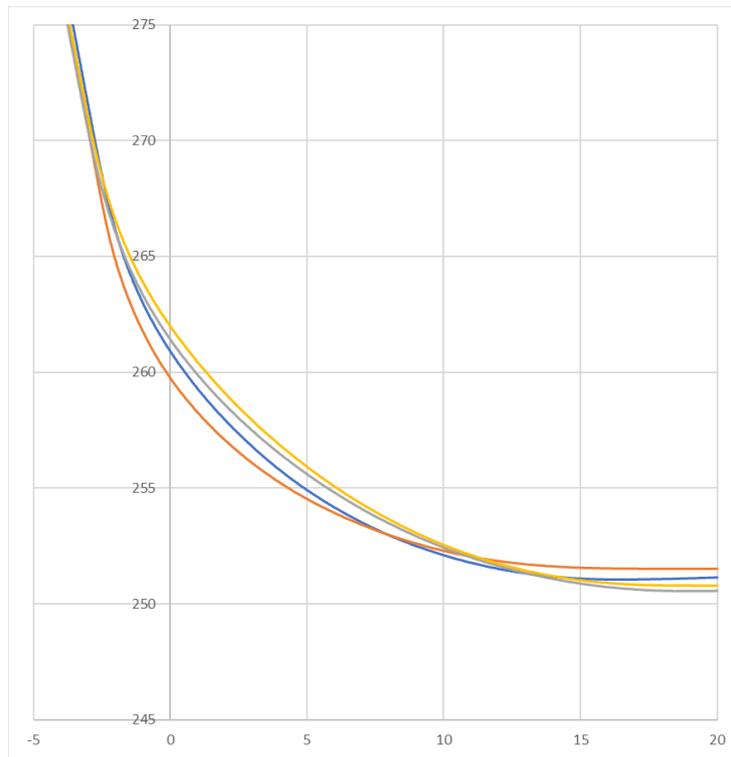
Sample7.2 Car A, With Assist,35km/h



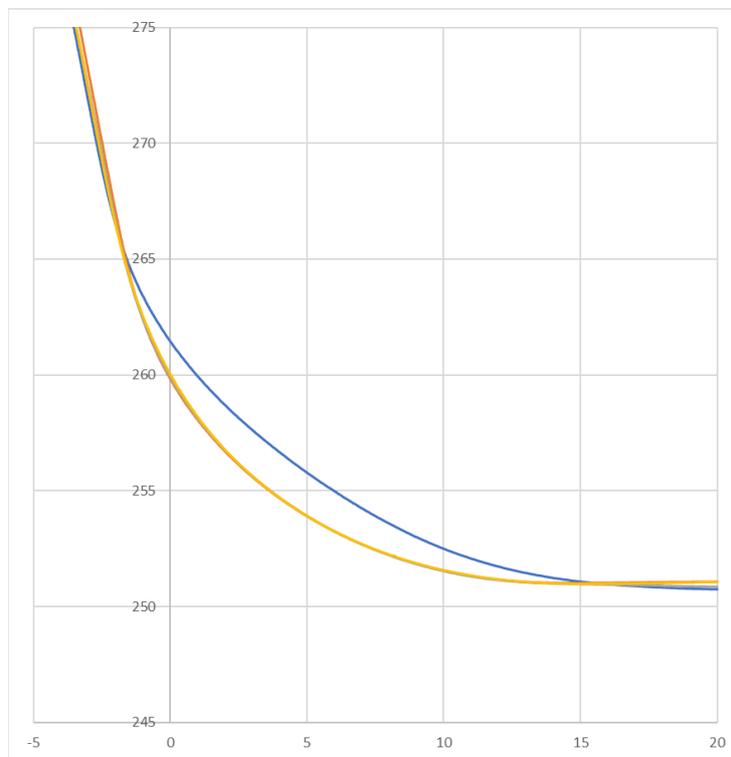
Sample 7.3 Car A, No Assist, 50km/h



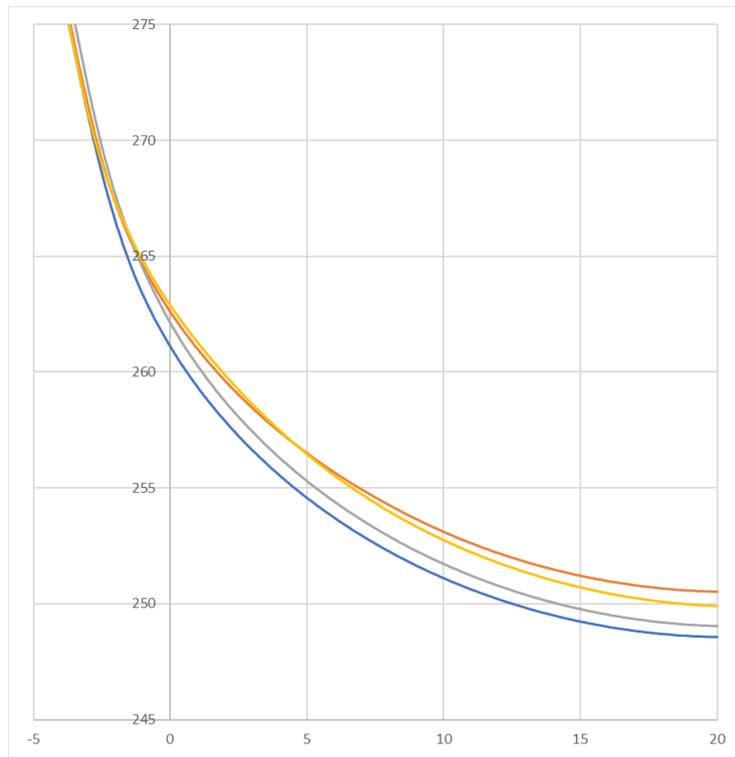
Sample 7.4 Car A, With Assist, 50km/h



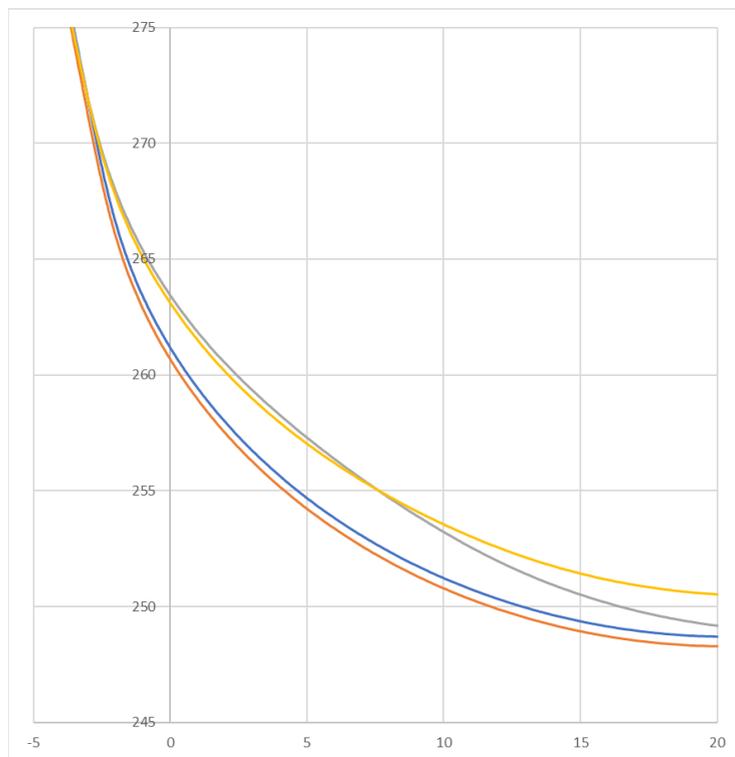
Sample7.5 Car B, No Assist,35km/h



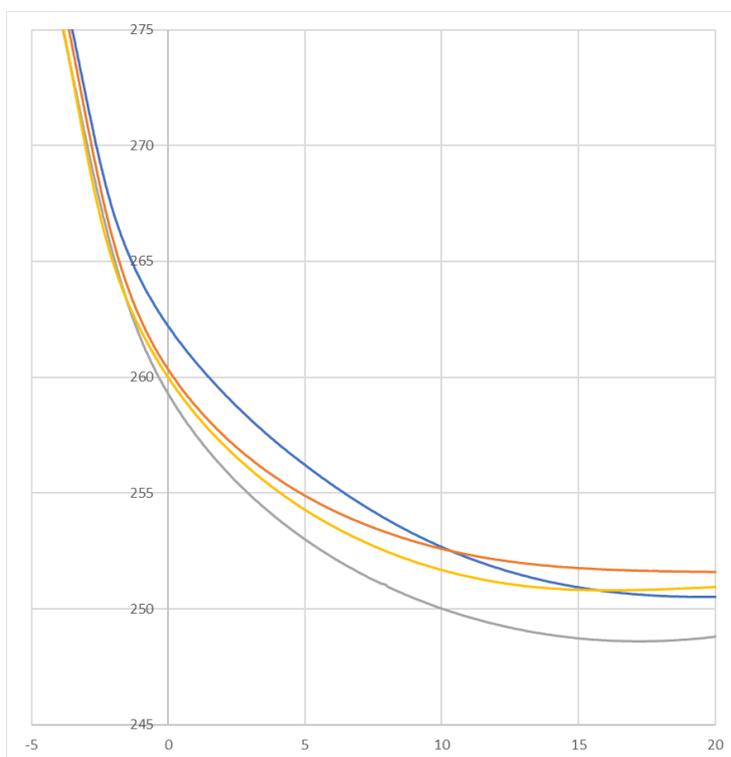
Sample7.6 Car B, With Assist,35km/h



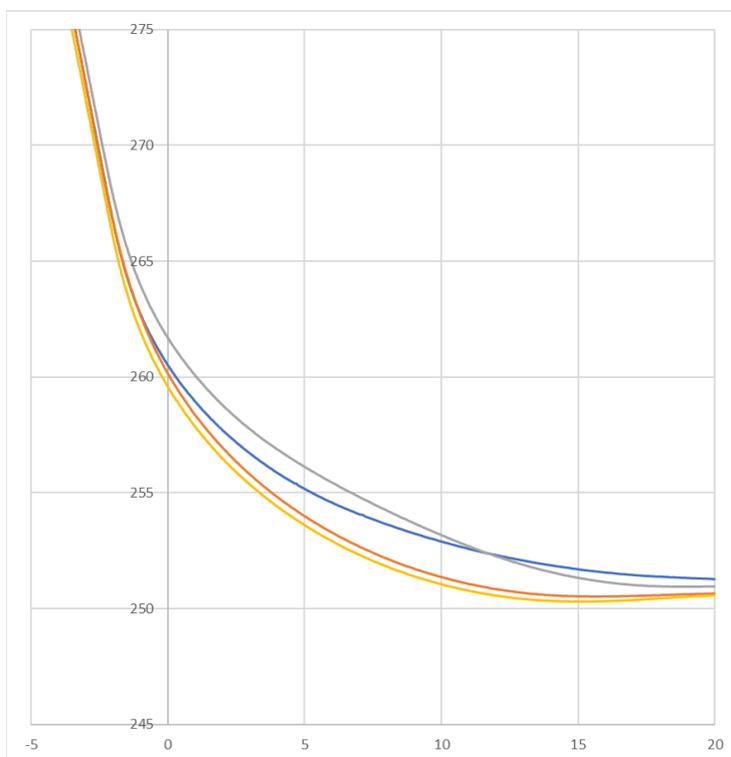
Sample7.7 Car B, No Assist,50km/h



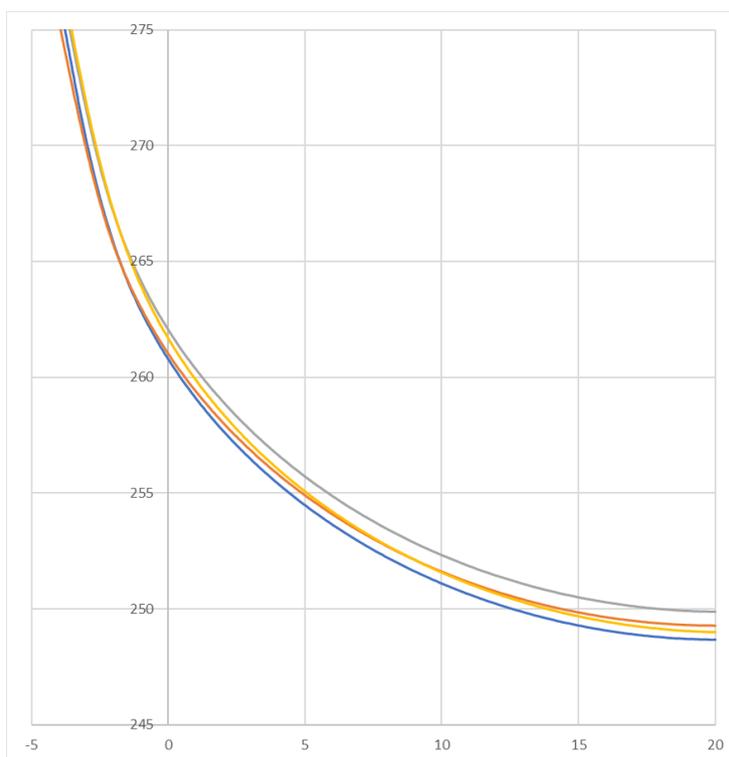
Sample7.8 Car B, With Assist,50km/h



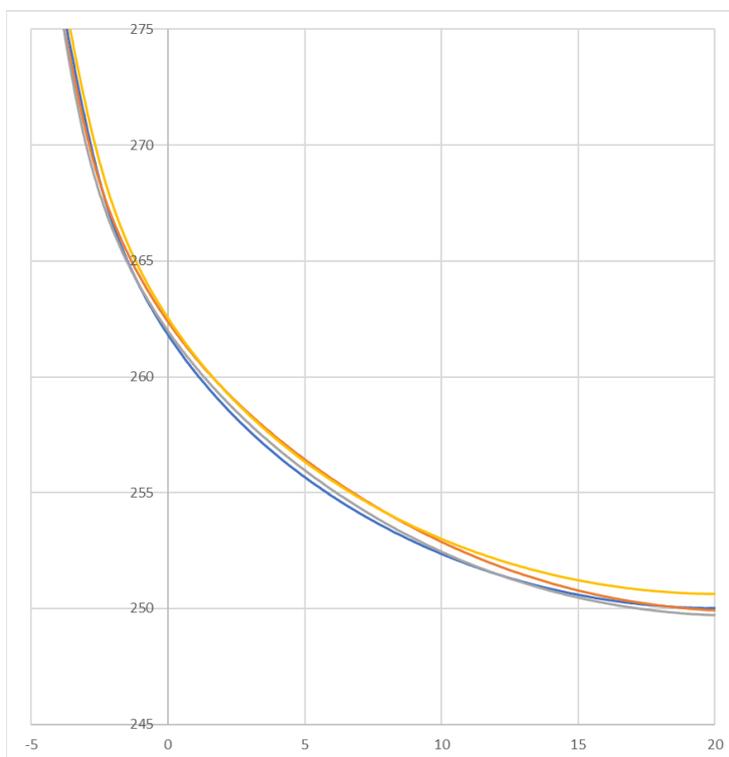
Sample7.9 Car C, No Assist,35km/h



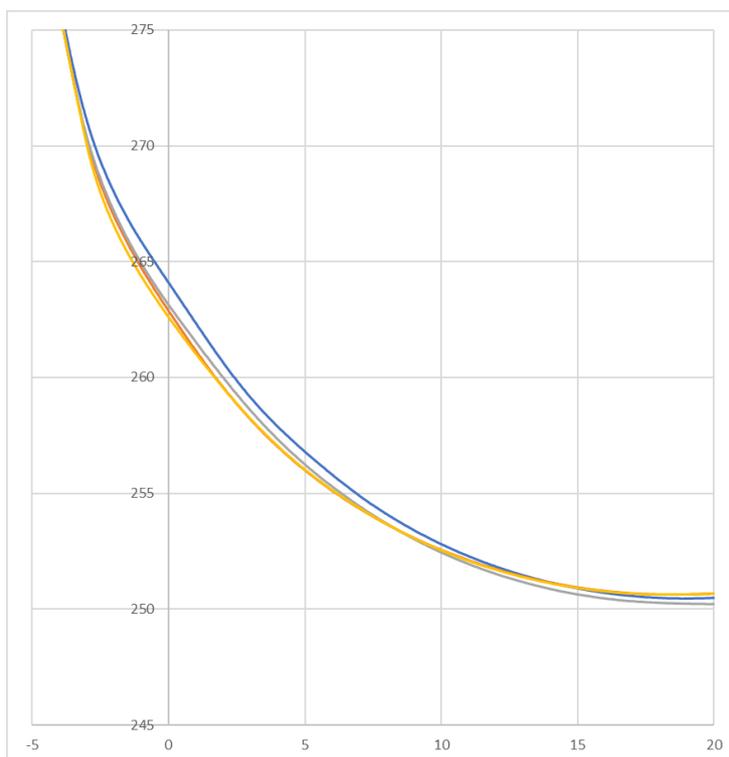
Sample7.10 Car C, With Assist,35km/h



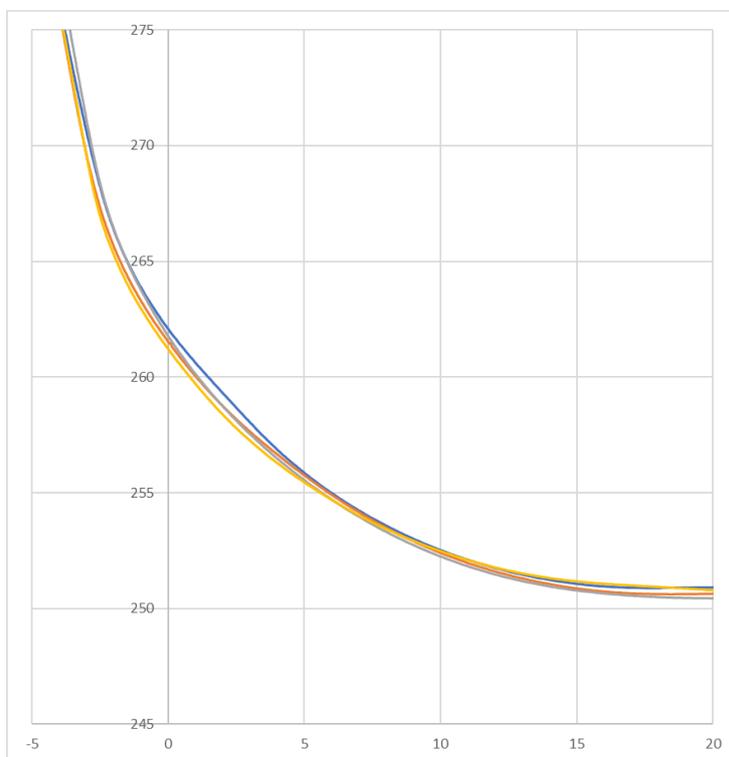
Sample7.11 Car C, No Assist,50km/h



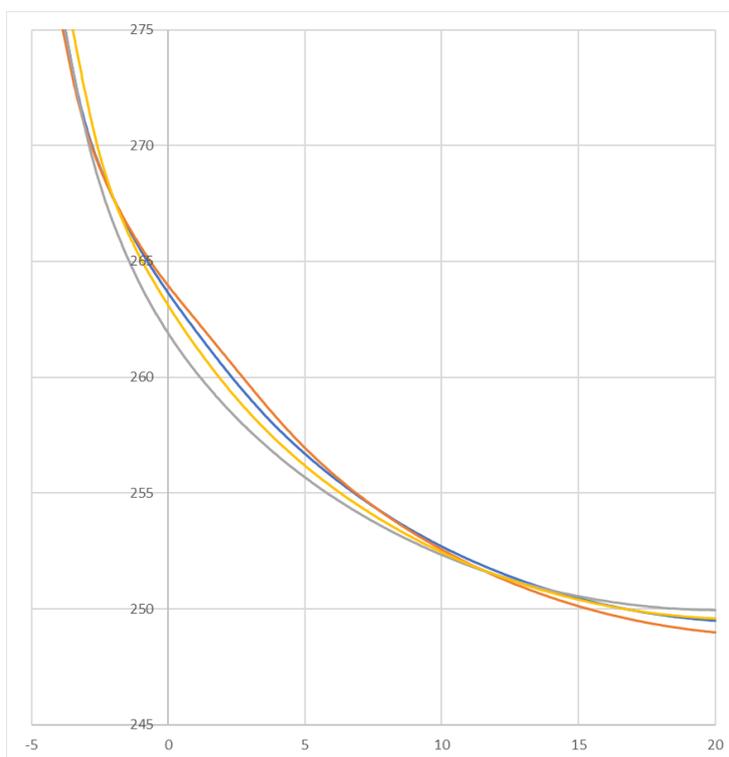
Sample7.12 Car C, With Assist,50km/h



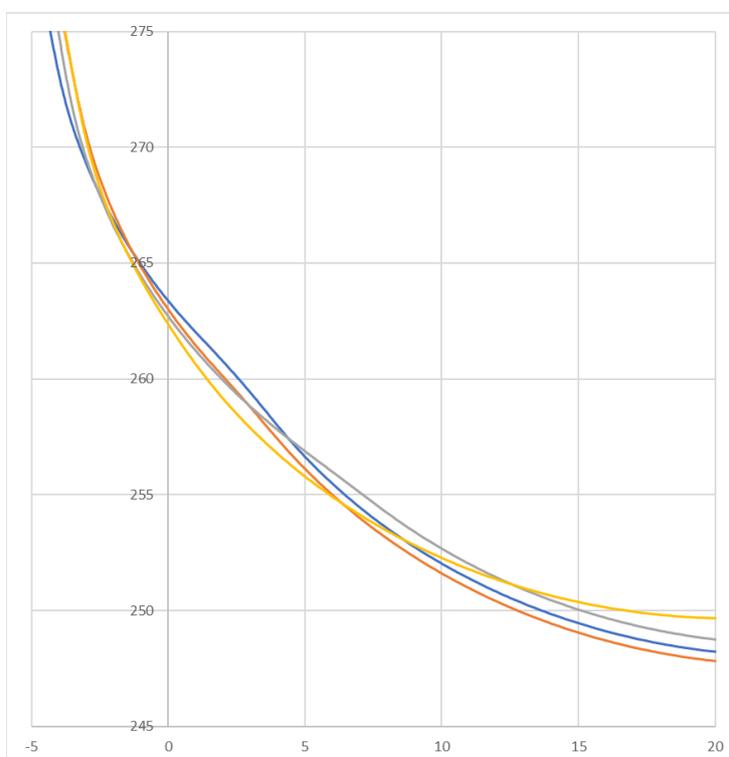
Sample 8.1 Car A, No Assist, 35km/h



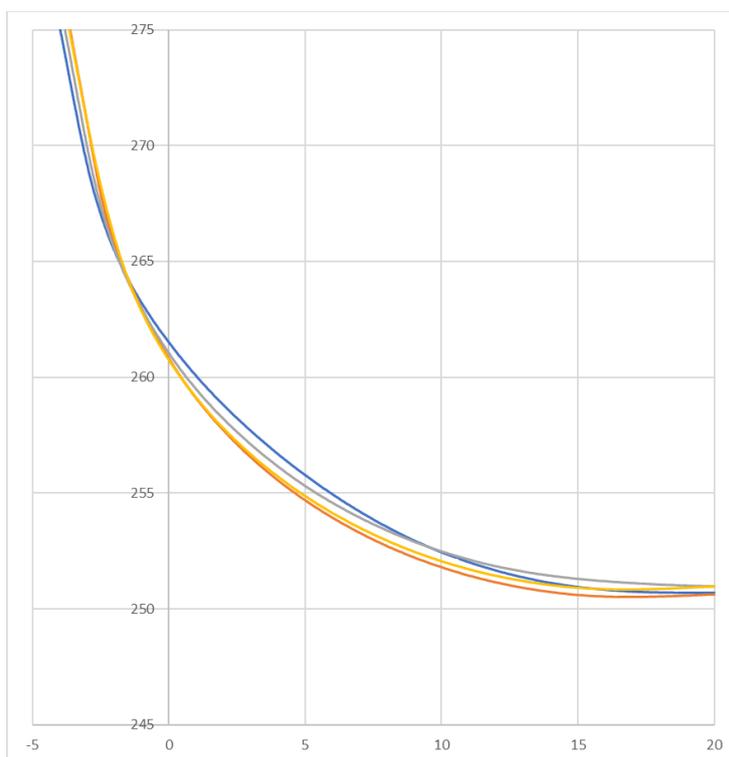
Sample 8.2 Car A, With Assist, 35km/h



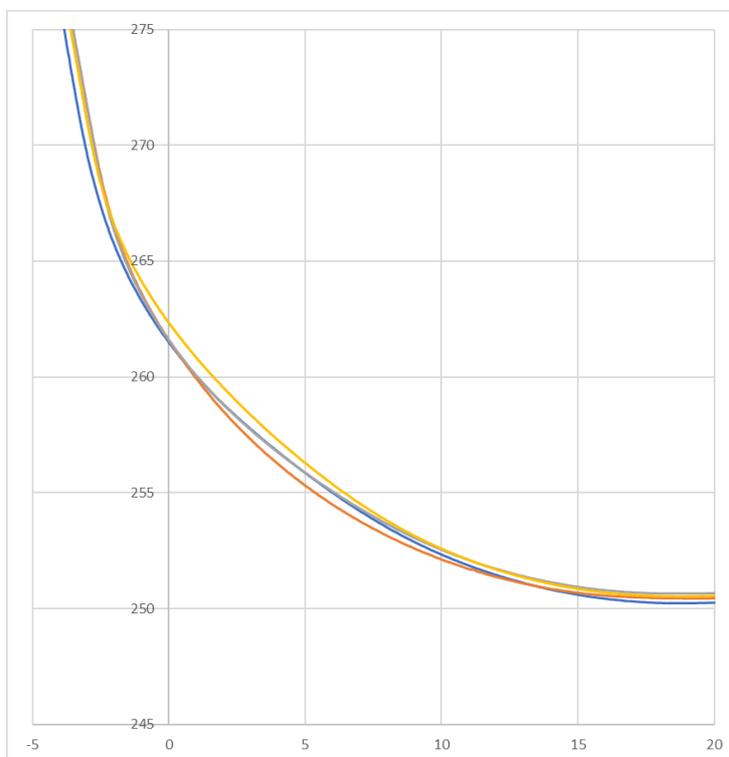
Sample8.3 Car A, No Assist,50km/h



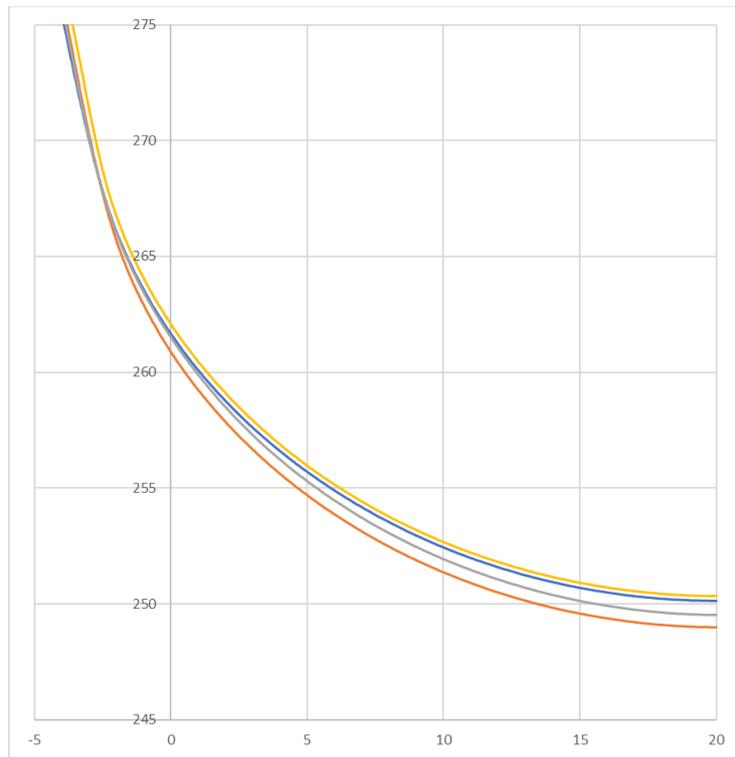
Sample8.4 Car A, With Assist,50km/h



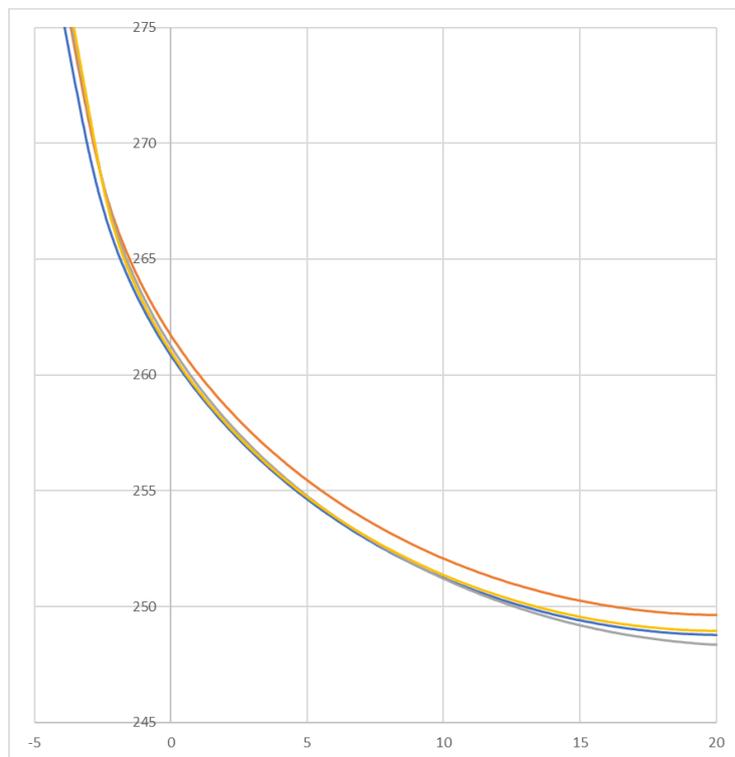
Sample8.5 Car B, No Assist,35km/h



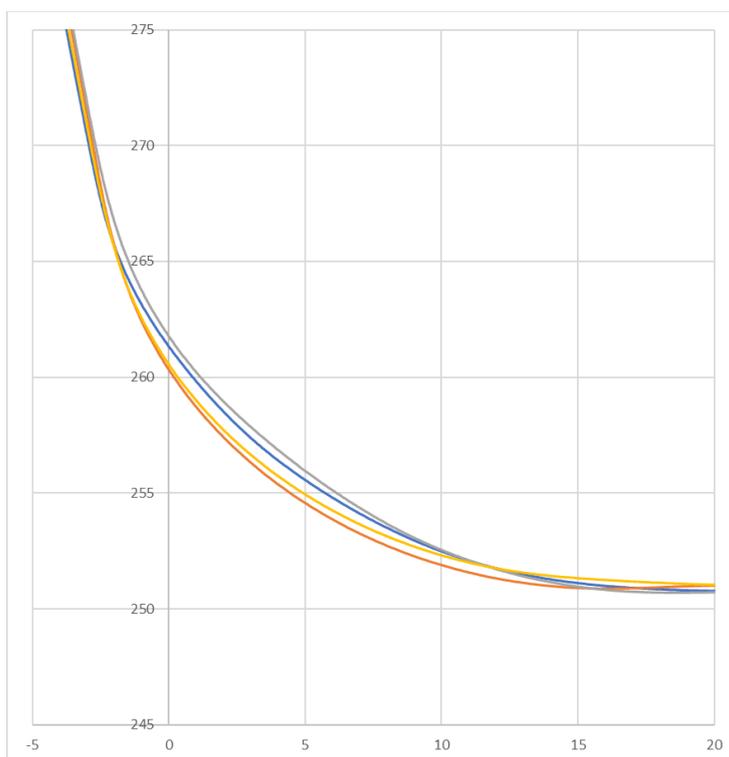
Sample8.6 Car B, With Assist,35km/h



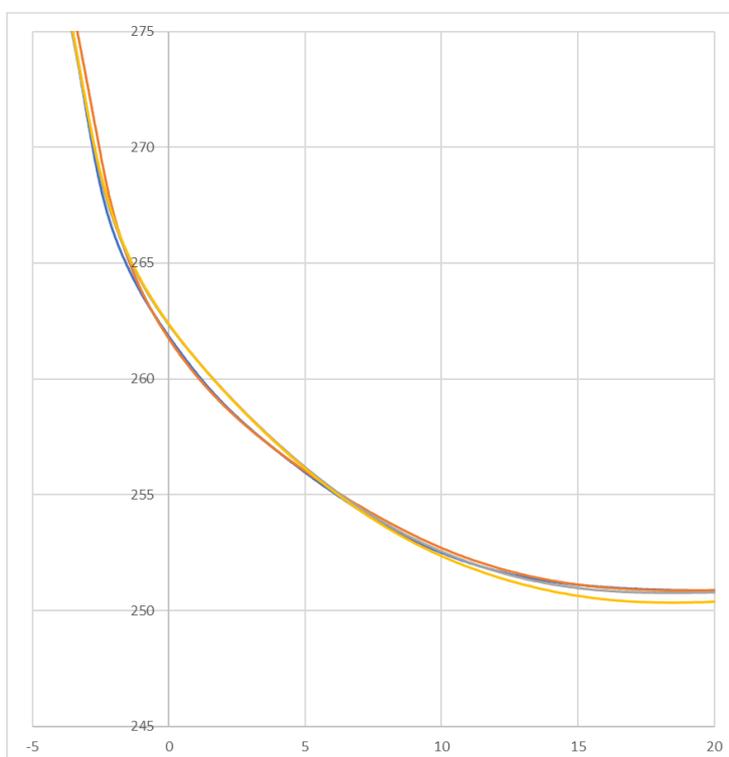
Sample8.7 Car B, No Assist,50km/h



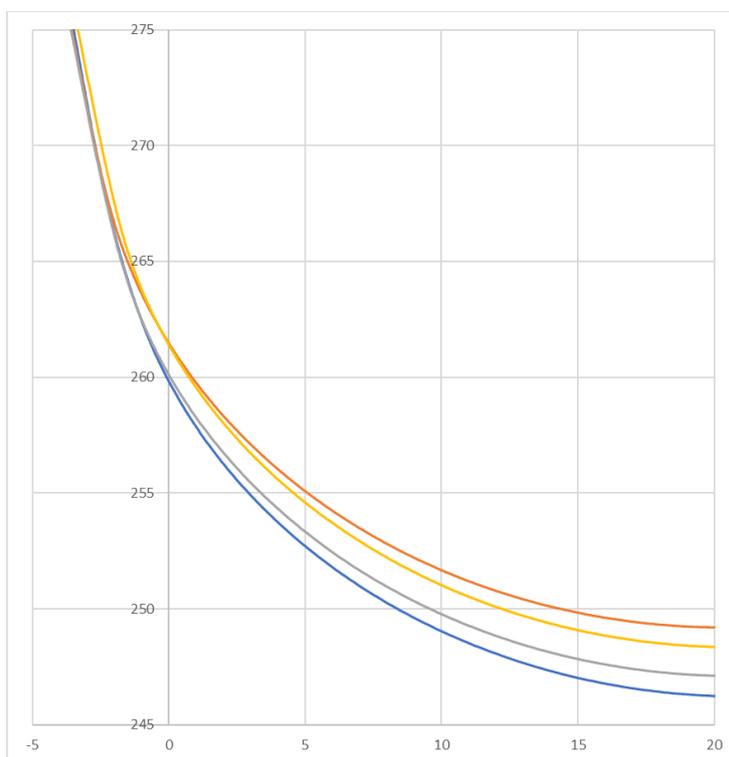
Sample8.8 Car B, With Assist,50km/h



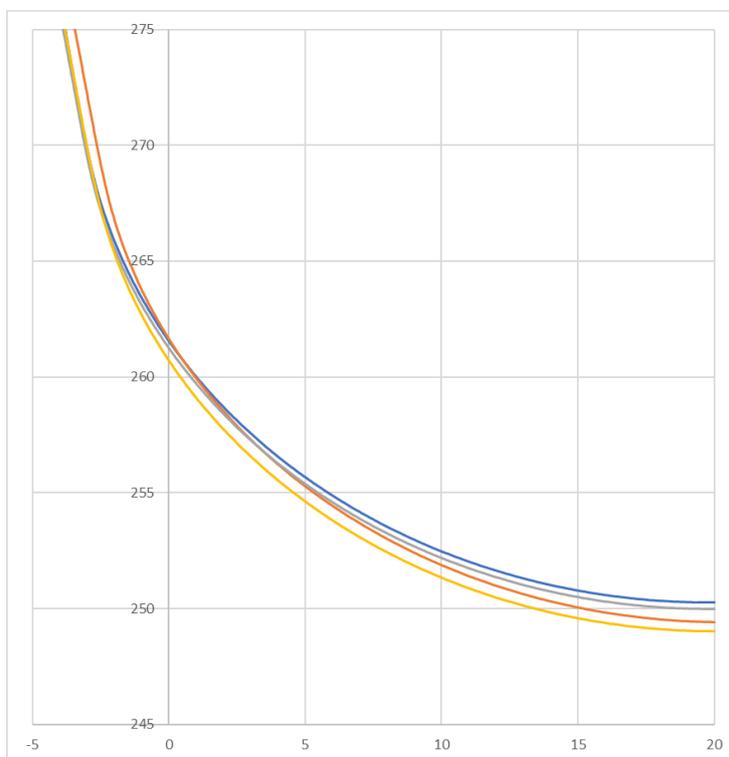
Sample 8.9 Car C, No Assist, 35km/h



Sample 8.10 Car C, With Assist, 35km/h



Sample8.11 Car C, No Assist,50km/h



Sample8.12 Car C, With Assist,50km/h

○支援なし 時速 35km/h

実験者：	実施日： 月 日
------	----------

- 運転の評価1 上手に運転できたか（ハンドル操舵）

できなかった |-----| できた
 1 2 3 4 5

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目
7 回目	8 回目	9 回目	10 回目	11 回目	12 回目

- 運転の評価2 上手に運転できたか（走行軌跡）

できなかった |-----| できた
 1 2 3 4 5

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目
7 回目	8 回目	9 回目	10 回目	11 回目	12 回目

- 運転の難易度 運転が難しかったか

難しかった |-----| 簡単だった
 1 2 3 4 5

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目
7 回目	8 回目	9 回目	10 回目	11 回目	12 回目

Sample10 Subjective questionnaire (Operation experiment)