

平成 30 年度

「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期/自動運転(システムとサービスの拡張)/視野障害を有する者に対する高度運転支援システムに関する研究」

平成 30 年度分 報告書

平成 30 年 3 月

国立研究開発法人理化学研究所

国立大学法人名古屋大学

国立大学法人筑波大学

～委託業務報告書の無断複製禁止の標記について～

委託業務に係る報告書の無断複製等の禁止の標記については、次によるものとする。

『本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務として国立研究開発法人理化学研究所、国立大学法人名古屋大学、国立大学法人筑波大学が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/自動運転(システムとサービスの拡張)/視野障害を有する者に対する高度運転支援システムに関する研究」の平成30年度成果を取りまとめたものです。従って、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部または一部の無断複製等の行為については、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるため、これらの利用行為を行う際には、NEDOの承認手続きが必要となります。』

【はじめに】

▶ 事業目的

医工連携による視野障害-自動車運転の影響及び高度運転支援機能による運転支援効果を明らかにし、視野障害者の安全なモビリティ確保と交通事故低減に資するデザインガイドラインの開発を行う。

▶ 事業概要

実施者らが主体的に開発してきた眼科用簡易ドライビングシミュレーターを用いて効率よく視野障害者・健常者の運転行動データを収集し、視野障害部位・程度に応じた視野障害者特有の事故要因を特定する。

また、その結果を活用して、視野障害者にとって真に有用な運転支援機能を明確にしたうえで、その機能を高性能ドライビングシミュレーター上に実装し、その事故低減効果への有効性を検証する。この効果評価にあたっては、コンピューターシミュレーションも併用し、網羅的・効率的に遂行する。

さらに、限られた実験データから、視野障害者の運転支援システム利用による安全性確保を担保するための方法論を確立し、実世界において視野障害者が安全に自動車を運転できるようになる道筋をつけるとともに、運転支援システム設計のガイドラインをまとめる。

▶ 事業内容

本事業の全体計画(図1)と平成30年度の計画(図1中の赤枠)

	2018年度下期	2019年度	2020年度
a. 視野障害者・健常者運転データベース構築、視野障害者特有の事故要因の明確化			
i. 緑内障等の視野障害者と晴眼者の自動車運転データベース構築	ALL	ドライビングシミュレーターを利用したデータの取得	
ii. 視野障害部位・程度に応じた視野障害者特有の事故要因の明確化	理研・筑波	データ分析	
b. ドライビングシミュレーターの利用による、運転支援機能を対象とした視野障害者特有の事故の削減効果の検証			
i. 視野障害に特化した運転支援機能提示のためのドライビングシミュレーター改修	ドライビングシミュレーター改修	シミュレーションナリオの精査	名古屋
ii. 健常者と同程度に事故回避できる、障害物認識と回避に関する支援条件の明確化	支援条件の予備検証	支援条件の明確化	名古屋・筑波
iii. 運転支援機能を利用することによる事故低減効果の検証	名古屋・筑波	アイゼン・筑波	事故低減効果検証
c. 視野障害者を対象とした、自動運転技術を活用した運転支援デザインガイドラインの開発			
i. 運転支援システム利用による安全性を証明する方法論の確立	理研	必要な運転支援技術の検討	安全性を証明する方法論の確立
ii. 自動運転技術を活用したデザインガイドライン開発	ALL		デザインガイドラインの開発

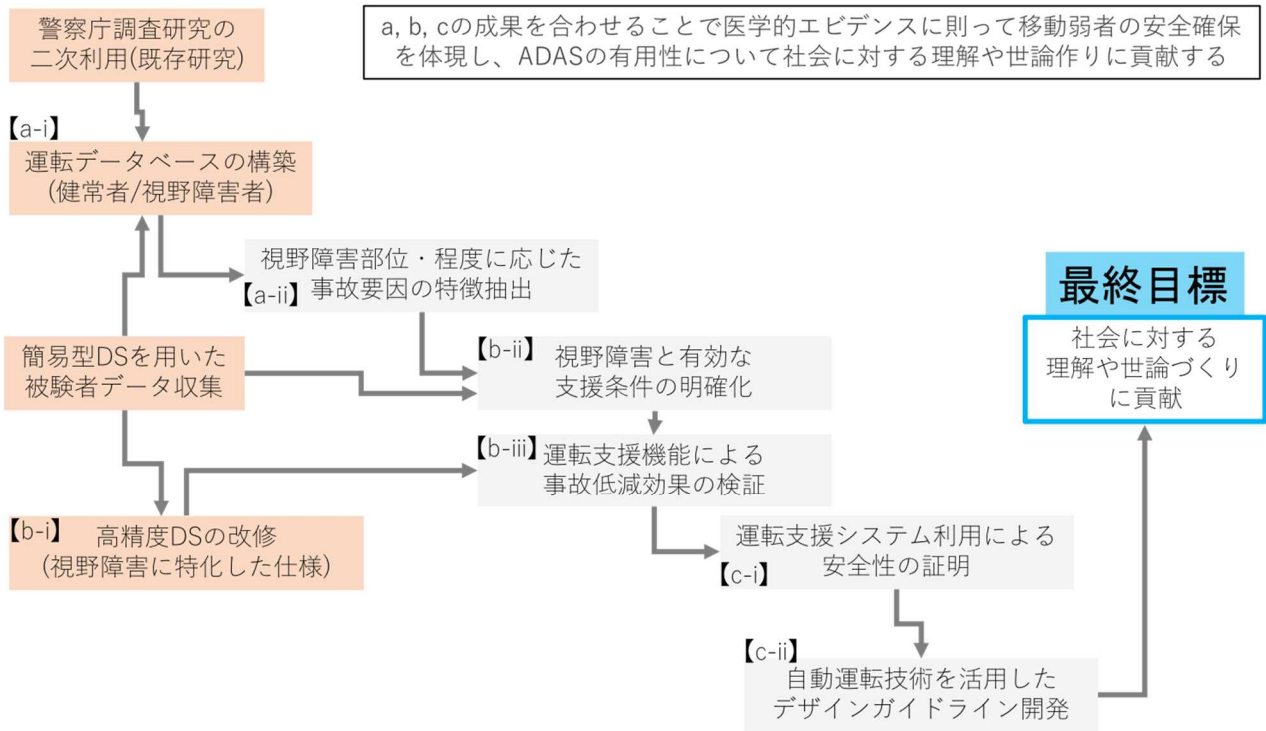
↑ 図 1. 本研究におけるテーマと役割 (赤枠は H30 年度実施予定分)

▶ 本事業の全体像と平成 30 年度の実施内容

本事業の全体像と平成 30 年度の実施内容を以下に示す(図 2)。

本事業は、「視野障害者の運転支援システム利用による安全性確保を担保するための方法論を確立し、実世界において視野障害者が安全に自動車を運転できるようになる道筋をつけるとともに、運転支援システム設計のガイドラインをまとめる」ことを最終目標とした事業である。

具体的な実施計画としては、医療機関において視野障害者と健常者を被験者として、ドライビングシミュレーターを用いたデータベースを構築する(課題 a)。データベースを構築すると同時に視野障害特有の事故要因を明確化する(課題 a)。また、視野障害者特有の事故リスクに対して自動走行をはじめとする運転支援システムの支援条件を明確化しその有効性を検証する(課題 b)。他方、運転支援システムの有用性・有効性について、視野障害を例として社会や関係各所に広く情報発信し、高度運転支援システムの普及と安全意識の向上を含むデザインガイドラインを開発する(課題 c)。



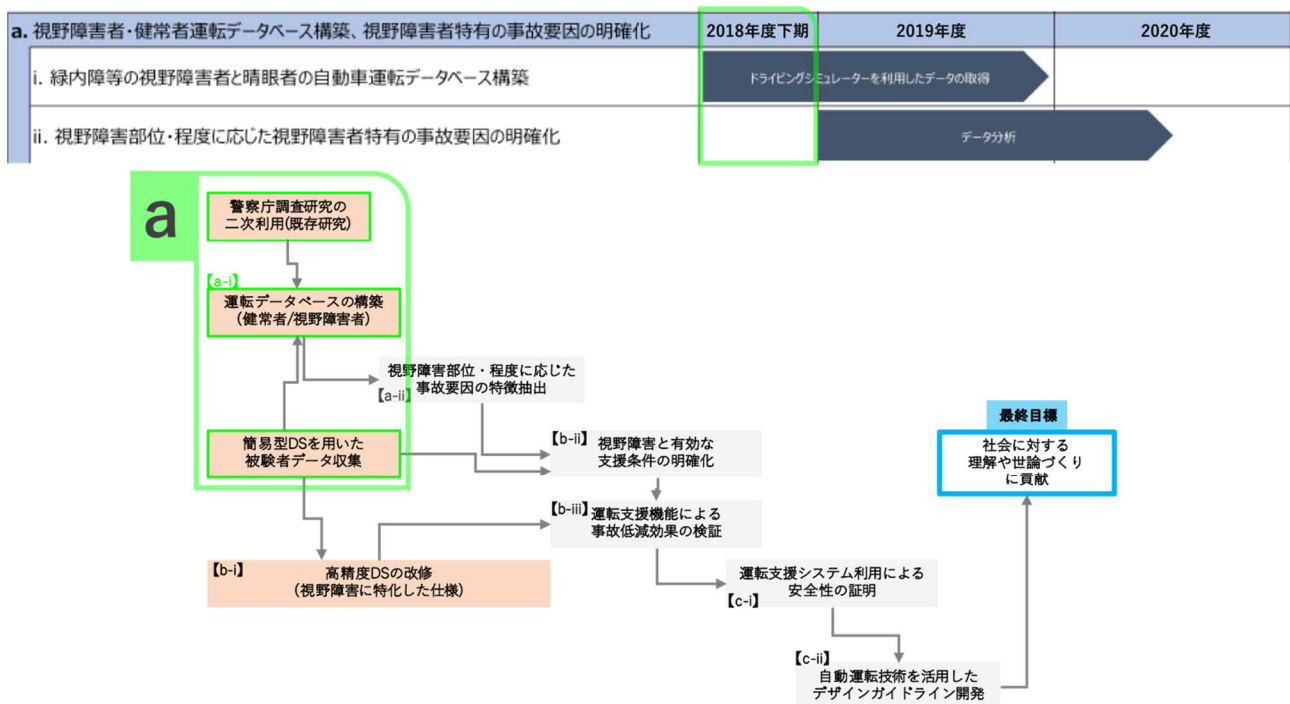
↑ 図2. 本事業の全体像と平成30年度の計画(橙背景)

【各課題の平成30年度計画と結果について】

▶ 課題a

視野障害者・健常者運転データベース構築，視野障害者特有の事故要因の明確化

全体計画と課題aの平成30年度計画部分を以下に示す(図3)



↑ 図 3. 全体計画と課題 a の平成 30 年度計画(緑枠)

a.i; 緑内障等の視野障害者の自動車運転データベース構築

〈目的〉

視野障害を有する者特有の事故頻度についてDS (ホンダセーフティナビGE) を用いて検証する

。事故を生じやすい視野障害と眼球運動の程度を検証する準備を行い、検証を開始する。

〈仮説〉

視野障害を有するドライバーは、健常者と比べ特有の場面で事故を引き起こす確率が高くなる。

〈方法〉

各大学眼科に受診する緑内障および網膜色素変性等視野狭窄を来している外来患者の中から、運転アンケートにより運転履歴がある患者にインフォームドコンセント取得の上、SナビDSにて事故頻度を調査する。これまでに緑内障の視野狭窄で事故を起こしやすいと判明している場面で網膜色素変性の視野狭窄の程度によって同様に事故を起こしやすいかを検証する。どの程度の視野狭窄になると事故頻度が高まるのか、それは眼球運動の多寡で異なるのかを検証する。

〈結果〉

▷既存データの利活用準備

- ・警察庁の調査研究(既存研究)について警察庁へ研究結果の二次利用申請を実施する(図 5)。

▷DS データ取得準備状況：

- ・神戸市立神戸アイセンター病院：

機関内 IRB の申請・承認を得た。

2019 年 3 月末時点で 10 件のデー

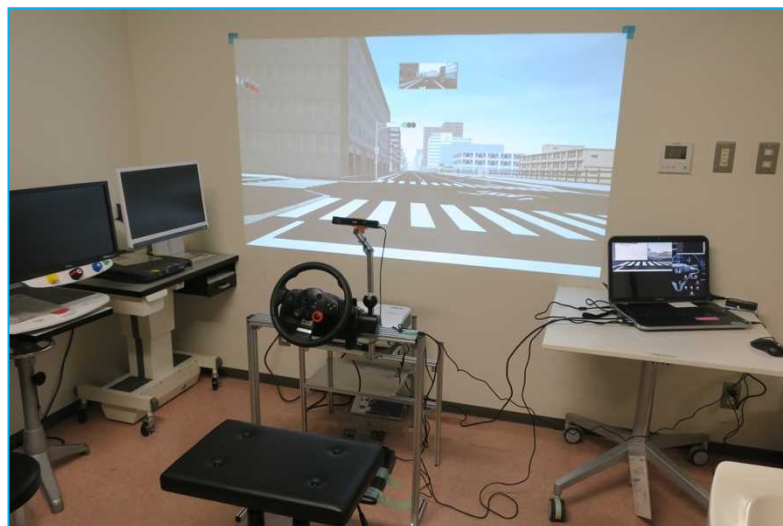
タ取得を完了している。データ解析

等は準備中(図 4)。

- ・新潟大学：2019 年 3 月末時点で

64 件のデータ取得を完了している。データ解析は 62 件完了している。

- ・東北大学：2019 年 3 月末時点で 9 件のデータ取得を完了している。データ解析は 30 件完了している。



↑ 図 4. 神戸アイセンター病院に設置した簡易型 DS(S ナビ)

▷DS データベース構築準備状況：

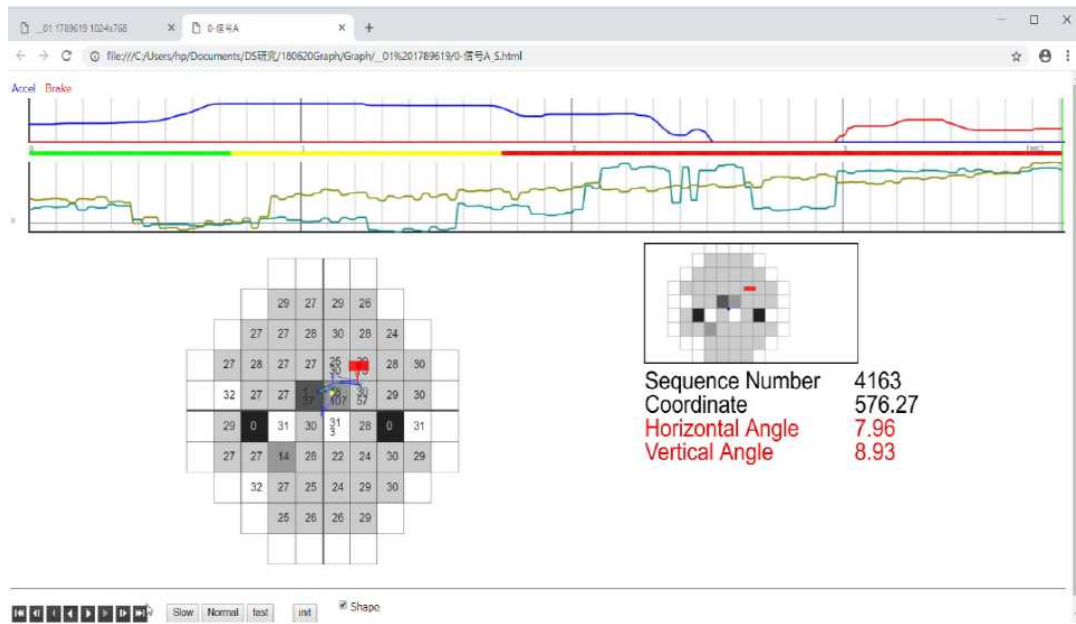
- ・神戸市立神戸アイセンター病院、東北大学、新潟大学：詳細なデータ解析に回すための DS データ取得を各機関で進めた。実際のデータ移行は次年度に実施予定である。

- ・理化学研究所：データベース構築のためのデータ解析について、手法と結論までのロードマップを策定した。実際の DS データ及び臨床所見を重ねるための準備を実施した。

▷眼球運動・視線視野計の準備状況：

- ・理化学研究所：視線視野計のデータ取得準備として、視線計測器を用いたシステム構築とその

基礎データの採集を実施した（12件）。



↑ 図 5. データ分析ツール(例)

a.ii 視野障害者特有の事故要因の明確化

〈目的〉

視野障害を有する者特有の事故頻度についてドライビングシミュレーターを用いて検証する。

事故を生じやすい視野障害と眼球運動の程度を検証する準備を行い検証に移行する。

〈仮説〉

視野障害を有するドライバーは、健常者と比べ特有の場面で事故を引き起こす確率が高くなる。

〈方法〉

各大学眼科に受診する緑内障および網膜色素変性等視野狭窄を来している外来患者の中から、運転アンケートにより運転履歴がある患者にインフォームドコンセント取得の上、眼科用Sナビにて事故頻度を調査する。

これまでに緑内障の視野狭窄で事故を起こしやすいと判明している場面で網膜色素変性の視野狭窄の程度によって同様に事故を起こしやすいかを検証する。

どの程度の視野狭窄になると事故頻度が高まるのか、それは眼球運動の多寡で異なるのかを検証する。

〈成果〉

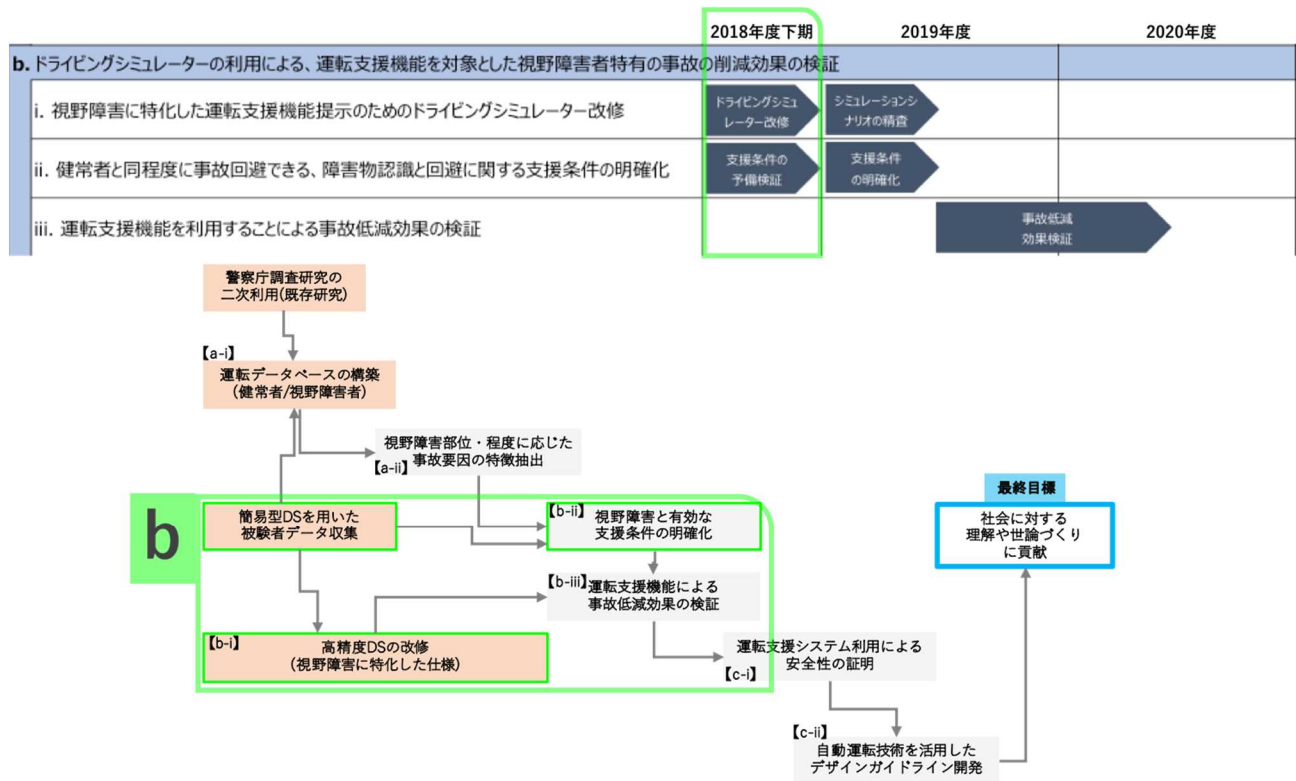
緑内障の場合、特徴的な例として視野中心のやや上のあたりが見えづらくなるケースがある

ことがあるが、この場合交通信号が見えづらくなることがわかってきた。とくに、視野中心（見えているところ）では青だったのに、信号に近づいて見えづらくなったところで信号の色が変わった場合に、その変化に気づかず、信号冒進するケースがあることが認められた。網膜色素変性の患者については、データを取り始めたところであり、今後分析を進めていく予定である。

▶ 課題b

b. ドライビングシミュレーターの利用による運転支援機能を対象とした視野障害者特有の事故の削減効果の検証

全体計画と課題aの平成30年度計画部分を以下に示す(図6)



↑ 図 6. 全体計画と課題 b の平成 30 年度計画(緑枠)

b.i 視野障害に特化した運転支援機能提示のためのドライビングシミュレーター改修

〈目的〉

視野障害者特有の事故が生じやすい交通環境における運転行動を予備的に検証する。

〈仮説〉

健常ドライバーと視野障害を有するドライバーとでは、注意すべき周辺車両や歩行者、自転

車、信号等の対象物の発見の遅れ、見落としの頻度に有意な差が生じる。

視野障害を有するドライバーでも、障害の部位や程度に応じた安全確認行動をしたり、障害物検知・回避のための支援を提供したりすることにより、健常者と同程度の安全性を確保することができる。

〈方法〉

名古屋大学ナショナルイノベーションコンプレックス（以下、NIC）にある NIC-DS を用いて研究を行う。平成 30 年度は、シミュレーターの運転シーン（シナリオ）作成と予備実験を行う。これまで名古屋大学およびたじみ岩瀬眼科で行ってきた 50 歳以上のドライバー（健常者、視野障害者）を対象にしたヘッドマウントディスプレイを用いた実験を元に、下記の対象物を含むシナリオを構築する。

〈結果〉

1. 運転シナリオの有効性の検討

以前に実施したヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた実験のデータを詳細に分析し、運転シナリオの有効性について検討した。この分析には、たじみ岩瀬眼科および名古屋大学で収集した、50



歳以上のドライバー（合計 85 名）のデータを使用した。視野検査のデータをまとめた結果、正常眼から重度の視野欠損までの範囲に広く分布していた。5 種類のシナリオ（それぞれ 1 分程度）を作成し、各シナリオには下記のメインイベント（危険なイベント）を設定した

。 ↑ 図 7. NIC に設置している高精度 DS

- ・ 子供の飛び出し（横断歩道）
- ・ 歩行者の横断（横断歩道以外）
- ・ 自転車の飛び出し（一時停止交差点）
- ・ 対向車の右折
- ・ 車両の割り込み

さらに、各シナリオには 4 回のサブイベント（危険ではないが注意すべきイベント（信号の変化など））を含むようにした。シナリオの提示には、視線計測機能を内蔵した市販の HMD を利用した。

今回のデータ分析では、各イベントで対象（車両や歩行者など）を注視したかどうかを判定し、全シナリオの総合得点を算出した。その得点と視野検査値（MD 値やエスターマン機能スコアなど）の関係を分析した結果、中程度の相関がみられ、このシナリオにより視野欠損の影響を評価できることが確認できた。さらに、視線運動も加えて分析した結果、視線運動が増えるにつれて得点が高くなるという傾向がみられ、視野欠損の影響が補償されるという関係も確認できた。その上で、イベントの方向（右、左、上）と視野欠損の方向の関係も調べてみたが、明確な対応はみられなかった。視野欠損のある方向のイベントを見落とすという単純な関係ではないことが分かり、視線運動も加味した運転能力評価の必要性が確認できた。以上の実験では、被験者は運転操作を行わず、自車が自動的に移動するように設定した。被験者には、普段の運転のように周囲を見て確認するように教示を与えた。それにより、イベントの発生タイミングを統一することが可能になったが、一方で、頭部の運動が少なく、受動的に映像を眺めている被験者もみられた。この点について、今後の実験では、被験者

への教示やタスクの内容を工夫する必要があると言える。また、映像酔いにより実験を中止した被験者は、予想していたよりも少なかった（10%未満）。今回のシナリオでは、右左折を含まず直線移動のみとし、さらに加減速の回数を最低限にしたため、映像酔いへの影響を抑えることができたと考えられる。

2. 高精度ドライビングシミュレーターの改修

来年度に実施するデータ収集に備え、高精度ドライビングシミュレーター（DS）の実験環境を整備した。既にコクピットには非接触式の視線計測装置（SmartEye）が設置されているが、その計測データをDSのログに記録するように、DSのプラグインを改良した。さらに、通常のログには自車の車体位置が記録されるため、ドライバーの視点位置の座標を記録するようにプラグインを改良した。以上の改良により、ドライバーの視線運動と周囲の環境の関係を、より正確に解析することが可能になった。また、運転支援システムの効果検証を行うために、ドライビングシミュレーターのソフトウェアの改修を行った。新しいバージョンでは、対象物の出現、接近タイミング（Time to contact; TTC）を統制したり、自動ブレーキ等の制御を正確に行ったりすることが可能である。以上の実験環境の有効性について検討するため、上述の運転シナリオを高精度DSに移植して予備実験を行った。CG空間およびイベント内容は同じように作成し、イベントの発生タイミングもできる限り等しくなるようにした。しかし、高精度DSのソフトウェアでは歩行者や他車の移動が細かく設定できないため、動きが不自然になってしまう場面があった。この点については、今後、ソフトウェアのSDK（開発キット）を利用して解決する予定である。予備実験では、正常眼の非高齢者（10名）を対象にしてデータ収集を行った。自動運転モードで走行するように設定し、被験者には、普段の運転時のように周囲の環境を見て確認するように教示を与えた。予備実験で得たデータを確認した結果、視線データにもDSのログにも問題は見つからなかった。簡単にHMDで収集したデータと比較した結果、例えば一時停止交差点において、より大きく頭部を動かしていることが確認できた。5画面（前、後、右、左、下）の広い視野角で環境を提示することによって、より自然な頭部運動が生じたと考えられる。しかし、2つの実験に

は年齢層の違いがあるため、今後は、HMD を用いて非高齢者のデータを取得し、さらに厳密な比較を行う予定である。また、頭部を大きく動かした時に、視線方向が計測できなくなるという問題も明らかになった。来年度の本実験に向けて、計測装置の設置位置の変更やデータの補間方法について検討する必要がある。

b.ii-1 健常者と同程度に事故回避できる、障害物認識と回避に関する支援条件の明確化のための検証

〈目的〉

視野障害を有するドライバーに対して、障害物の認識と回避に関する支援機能を提供することの効果を予備的に検証する。

〈仮説〉

- ・健常ドライバーと視野障害を有するドライバーとでは、眼科用 S ナビのシナリオにおいて障害物発見の遅れ、事故発生頻度に有意な差が生じる。
- ・視野障害を有するドライバーでも、障害物検知・回避のための支援を適切に提供することにより、健常者と同程度の安全性を確保することができる。

〈方法〉

眼科用 S ナビでこれまでに開発済みのシナリオを用いて、実験を行う。比較対象とする条件は以下のとおりである。

- ・ 健常者 支援なし
- ・ 視野障害を有するドライバー 支援なし
- ・ 視野障害を有するドライバー 音声ガイドによる注意喚起あり
- ・ 視野障害を有するドライバー 自動ブレーキによる事故回避支援あり

図 8. 実験環境の外観(A)、および概略図(B)

運転歴ならびに視野狭窄の程度についてマッチングし、参加者をランダムに各条件に割り付ける。実験参加者数については、医療統計学の介入試験の効果判定に基づく計算に基づき検証する。各条件約 50 名を目安とする(図 8)。



〈成果〉

この予備検証を行うための、支援システムのパラメータ調整を行った。この調整実験では、参

加者を健常者 60 名とし、画面上に視野障害を模擬したマスクパターンを重畳する条件でデータ取得を行った。比較対象は、以下の 6 群とし、それぞれに 10 名ずつ割り当てた。

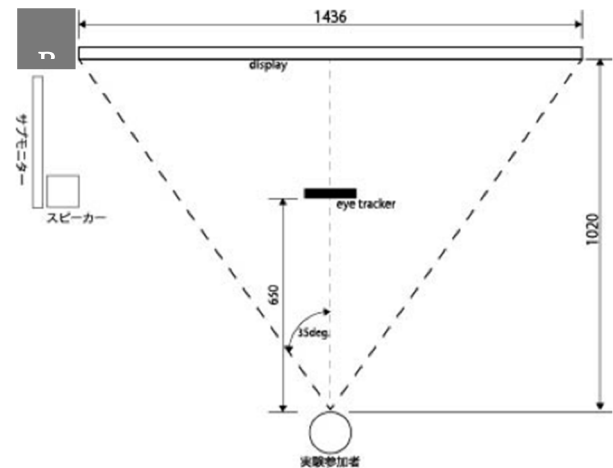
1. 健常者 支援なし
2. 視野障害を模擬したドライバー 支援なし

3. 視野障害を模擬したドライバー

音声ガイドによる注意喚起あり(状況を伝える表現)

4. 視野障害を模擬したドライバー

音声ガイドによる注意喚起あり(とるべき行為を伝える表現)



5. 視野障害を模擬したドライバー 自動ブレーキによる事故回避支援あり(シナリオ上ギリギリでぶつからないタイミング)

6. 視野障害を有するドライバー 自動ブレーキによる事故回避支援あり(条件5よりもブレーキ作動タイミングが遅く, 場面によっては衝突することもあるタイミング)

その結果、音声ガイドを提示する場合は、具体的な行為で伝えると、ドライバーが適切な対応を取りやすそうであることがうかがわれた。今後の検証ではこの結果を踏まえて提示音声デザインする。また、自動ブレーキがあると言いながら、ぶつかりうるタイミングの仕様の場合は、むしろ衝突事故が増える可能性も認められたため、支援技術の提供とともに、ドライバーの役割についてのリマインドも重要であることが示唆された。

b.ii-2 健常者と同程度に事故回避できる障害物認識と回避に関する支援条件の明確化のための検証

〈目的〉

視野障害を有するドライバーに対して、障害物の認識と回避に関する支援機能を提供することの効果を予備的に検証する。

〈仮説〉

- ・ 健常ドライバーと視野障害を有するドライバーとでは眼科用 S ナビのシナリオにおいて障害物発見の遅れ、事故発生の頻度に有意な差が生じる。
- ・ 視野障害を有するドライバーでも障害物検知・回避のための支援を適切に提供することにより、健常者と同程度の安全性を確保することができる。

〈方法〉

眼科用 S ナビでこれまでに開発済みのシナリオを用いて実験を行う。比較対象とする条件は以下のとおりである。

- ・ 健常者 支援なし
- ・ 視野障害を有するドライバー 支援なし
- ・ 視野障害を有するドライバー 音声ガイドによる注意喚起あり
- ・ 視野障害を有するドライバー 自動ブレーキによる事故回避支援あり

b-i で構築した試験用プログラムを神戸アイセンター病院の S ナビにインストールして、システムの使用感や被験者データを取得する本運用に向けた課題抽出を実施する。

〈結果〉

神戸市立神戸アイセンター病院：

支援条件の予備検討として、筑波大学にて改修された音声ガイドや自動ブレーキシステムに関

して病院に設置しているDS(Sナビ)にシステムをインストールして試験運用を実施した。自動ブレーキのシステムについては被験者データ取得に移行していくことを確認した。一方、音声ガイダンスについてはタイミングや音量、言葉選びなどについてさらなる検証が必要という結論に至り、引き続き研究チーム内で連携して課題解決に取り組むことを確認した。

b.iii 運転支援機能を利用することによる事故低減効果の検証

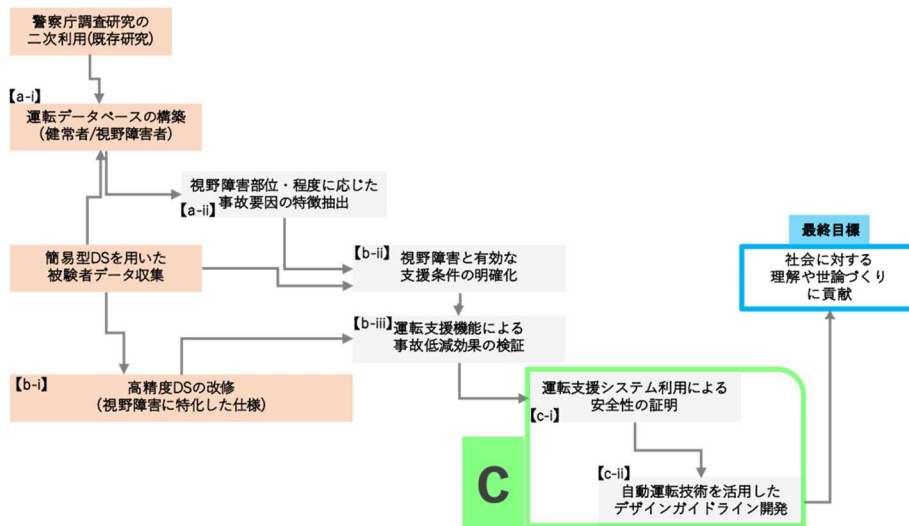
ドライビングシミュレーターを用いた実験について、医療統計学に基づき、検証のための実験デザインを明確化するための準備を行った。実際の人を対象とした実験では検証できる条件に限りがあるため、コンピュータシミュレーションを活用する方向で検討を進めた。シミュレーションシステムの先行開発事例を調査し、事例の一つである一般財団法人自動車研究所との情報交換を行った。平成31年度に持ち越し、引き続き検討を進める予定である。

▶ 課題 c

c. 視野障害者を対象とした、自動運転技術を活用した運転支援デザインガイドラインの開発

全体計画と課題cの平成30年度計画部分を以下に示す(図9)

c. 視野障害者を対象とした、自動運転技術を活用した運転支援デザインガイドラインの開発	2018年度下期	2019年度	2020年度
i. 運転支援システム利用による安全性を証明する方法論の確立		必要な運転支援技術の検討	安全性を保证する方法論の確立
ii. 自動運転技術を活用したデザインガイドライン開発			デザインガイドラインの開発



↑ 図9. 全体計画と課題cの平成30年度計画(緑枠)

c.i 運転支援システム利用による安全性を証明する方法論の確立

理化学研究所：

a.i のデータベース構築の準備と同様。本格的な実施はデータベース構築と並行する予定である

。

c.ii 自動運転技術を活用したデザインガイドライン開発

理化学研究所、神戸市立神戸アイセンター病院、東北大学、新潟大学：

運転支援デザインガイドライン策定のための対象別の課題抽出のために、自動車工業会などにコンタクトをとり、情報交換・協議を行えるようにする準備を行った。また SIP の別課題（HMI）へ委員として参加し内外の情報交換の機会を積極的に作った。

理化学研究所、筑波大学：

運転支援デザインガイドライン策定のための対象別の課題抽出のために、自動車工業会などにコンタクトをとって、情報交換・協議を行えるようにする準備を行った。