

研究課題事後評価結果（令和5年度）

I. 評価対象研究課題の概要

後 01

1. 研究課題名：使用過程を含む電動車両の環境性能評価方法の検討と車載バッテリーの安全性の評価手法の高度化に関する研究
2. 研究代表者：小鹿 健一郎
3. 研究期間：令和2年度～令和4年度
4. 研究予算：（R2年度）2,879千円、（R3年度）3,097千円、（R4年度）3,906千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 電動車両の技術進歩に対応した試験法の高度化を行う。具体的には、EV、FCV等の環境性能評価手法の高度化、およびバッテリー安全性試験の高度化に関する検討を行う。また、型式認証の制度では十分カバーしきれない可能性を有するバッテリー劣化や排出ガス後処理装置の劣化に対して、使用過程のモニタリングを含め対応方法についても検討を行う。
7. 研究計画の変更等に関する説明 個別課題2における『リチウムイオン電池の安全性が使用中に低下する事象』は、経常研究において計画よりも早く成果が得られたため、前倒しで国交省受託研究として規模を拡大して実施された。
8. 得られた主な成果とその効果 ・ 国交省-交通研案として自工会にFCVレンジの試験方法を提案した。 ⇒現在国際提案に向けて準備を行っている。 ・ 特別改造車両でなくても水素燃料消費率を測定できる手法の調査・検討を行った。 ・ リチウムイオン電池が充放電を繰り返していくことで、安全性が低下する現象をラボレベルの試験にて再現し、確認した。 ⇒国交省受託研究として規模を拡大して実施した。 ・ 使用過程における実態調査等を実施する場合の課題の整理のケーススタディーとして電気自動車のバッテリーを対象とした非破壊分析の実施に関して検討を行った。 ⇒研究成果がNEDOの委託事業として採択された。

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方（手順、手段、手法）は適切であったか [評価委員からのコメント] ・公募研究へのベースとなる研究、調査等は、より深い研究の為によいと思う。	5.0
2. 研究のレベルはどうであったか（最終結果の到達度を含む） [評価委員からのコメント] ・研究成果がNEDOの委託事業として採択されたことは高く評価できる。	4.7
3. （当初の計画からの変更があった場合、）その理由・内容は適切か [評価委員からのコメント] ・研究を予定より早めて進めて、国交省受託研究を獲得できたことは大きな成果だと考えます。 ・規模拡大、受託研究をして発展。	5.0
4. 研究成果の発表状況は適切か [評価委員からのコメント] ・論文4件は良い成果。 ・発表状況は良好である。英文での論文発信は高く評価する。	4.8
5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか（社会的有用性） [評価委員からのコメント] ・	4.8
○ 評価委員のその他コメント ・ 今後、EV需要が増加することが予測されるので、実際の使用環境を踏まえた評価手法が確立されることを期待します。 ・ バッテリー劣化に伴う安全性低下の事象は共通認識ですか？ ・ 熱暴走による火災？短絡による発熱？劣化により他に安全性低下の事象はありますか？ ・ 安全性以外に性能劣化の面も考察したらどうですか？	

- ・ 報告において、リチウム析出機構と安全性低下、安全に関する試験法の提案（レーザー照射等）提案との関係が説明不足。
- ・ **Interactive** コミュニケーションが重要ということがよく感じられる発表になった。その後の外部受託等につながった点は高く評価できる。バッテリー劣化の検討が **scope** に入っている点も良い。
- ・ 外部専門家と協力しながら試験を実施している点が評価できる。また、劣化に関する具体的なデータが取得されている点も良い。評価手法が国際標準化されることを期待したい。
- ・ 将来、実際の利用時のバッテリーの劣化による安全性確保との関連が明確になることを期待する。

総合評価：4. 9

Ⅲ．評価委員のコメントに対する意見、対応等

ご評価、コメントありがとうございます。

評価委員の皆様から頂いたコメントを参考にしながら、研究が実社会で貢献できるように展開させていきたいと考えております。

以下ご質問いただいた内容に対する回答となります。

〈ご質問〉

- ・ バッテリー劣化に伴う安全性低下の事象は共通認識ですか？
- ・ 熱暴走による火災？短絡による発熱？劣化により他に安全性低下の事象はありますか？
- ・ 安全性以外に性能劣化の面も考察したらどうですか？

〈回答〉

- ・ バッテリー劣化に伴う安全性の低下の事象は、自動車業界ではなく、電池業界において認知され始めた状況であると認識しております。また、劣化すると必ず安全性が低下するというのではなく、リチウム金属の析出等を含む特定の劣化モードにおいて安全性が低下することが分かってきております。
- ・ 今回の研究では、主に劣化による電池の熱安定性の変化に焦点をあてて調査を行いました。ご指摘の通り、物理的、機械的、電氣的な変化による事故が発生する可能性もありますので、状況に応じてスコープの拡大を検討することも必要であると認識いたしました。
- ・ 自動車での使用を考える場合、安全性に加え、容量低下による一充電走行距離の低下や、内部抵抗上昇による交流電力量消費率の上昇なども考えられます。それについては、後継の経常研究の中で検討していく予定でおります。

研究課題事後評価結果（令和5年度）

I. 評価対象研究課題の概要

後 02

1. 研究課題名：高齢ドライバの運転特性に基づく先進安全技術を利用した事故予防対策に関する研究
2. 研究代表者：関根 道昭
3. 研究期間：令和2年度～令和4年度
4. 研究予算：（R2年度）3,034千円、（R3年度）3,377千円、（R4年度）3,545千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 フレイル高齢者にも使いやすく、事故の予防効果が高い予防安全システムの評価方法が必要となっている。本研究では、フレイル高齢ドライバにおける運転特性の解析、高齢者の日常運転分析に基づく予防安全システムの検討、高齢者の自動運転、予防安全システムへの受容性、適応性評価を通じ、高齢者全般の特性や個人差を踏まえた効果的な自動運転、予防安全システムの評価方法を提案する。
7. 研究計画の変更等に関する説明 サブテーマ「フレイル高齢ドライバにおける運転特性の解析」について、高齢者評価用ドライビングシミュレータの小型版を用いた杏林大学病院での運転特性調査を実施する予定だったが、新型コロナウイルス感染症拡大（コロナ禍）の影響により病院における高齢被験者による実験を実施することができなかった。
8. 得られた主な成果とその効果 ● フレイル高齢ドライバにおける運転特性の解析 ➤ 通院中の患者を対象とした実験が、コロナ禍の影響で未達成 ● 高齢者の日常運転分析に基づく予防安全システムの検討 ➤ 高齢者人間・運転特性データベース（Dahlia）を解析し、名古屋地区の高齢ドライバにおけるヒヤリハットの内容を分類し、ハザードマップを作成した。 ➤ 三鷹市在住の高齢ドライバの自家用車に2画面式のドライブレコーダ（ドラレコ）を装着し、前方画面と足元映像を同時並行で記録 ➤ イベント発生時のペダル操作状況、ブレーキ反応時間等を解析 ➤ ボランティアの実験来所時に個別に相談して、4名の協力者のデータ取得 ➤ データ取得の調査体制やドライビングシミュレータ実験との連携方法を構築 ● 高齢者の自動運転、予防安全システムへの受容性、適応性評価 ➤ 自動運転から手動運転への権限移譲場面において、二次タスクが運転引継ぎ時間や引継ぎ後の手動運転の質に与える影響を調べるための実験環境を構築。 ➤ 作業負荷の客観的・主観的な評価方法を解明（DRT法・NASA-TLX） ➤ 警告音の断続周波数が運転引継ぎ後の車両挙動に影響することを確認 ➤ 運転引継ぎ後の道路方向に対する左右移動量の割合により、二次タスク作業負荷や警告音の効果を評価できることを確認 ➤ 運転引継ぎ要請に用いる警告音の評価方法を解明 ☆ 運転引継ぎ後の道路方向に対する左右移動量の割合により、二次タスク作業負荷や警告音の効果を評価できる ✓ 警告音の吹鳴周波数が高い場合は、運転引継ぎ後の車両挙動が安定する

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方（手順、手段、手法）は適切であったか [評価委員からのコメント] ・コロナ禍で病院における高齢者の実験ができなかったのは残念。 ・ドラレコモニタ4名は少ないか。	4.2
2. 研究のレベルはどうであったか（最終結果の到達度を含む） [評価委員からのコメント] ・二次タスクの影響調査と警告音の評価について、所得データの規模と得られ	4.1

た結論の一般性を明示すべきである。 ・フレイルとの関係が明確ではないのでは？	
3. (当初の計画からの変更があった場合、) その理由・内容は適切か [評価委員からのコメント] ・コロナ禍の影響で当初の計画が変更になったことはいたしかたないと思います。その対応として、代替手法を検討して推進した点は良かったと考えます。 ・フレイルについての特性の情報収集については、コロナ禍による実験の難しさから一部をデータベースの解析で代替。 ・高齢被験者による実験ができなかったことは理解するが、今後できるように対応願いたい。 ・コロナ禍の影響なので仕方ないが、Dahlia 活用は良いと思う。	4.1
4. 研究成果の発表状況は適切か [評価委員からのコメント] ・フレイルの定義は質疑でご意見があった通り。 ・発表状況は良好である。	4.4
5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか (社会的有用性) [評価委員からのコメント] ・警告音評価はリアルに役立つと思う。	4.2
○ 評価委員のその他コメント ・自動車に搭載される HMI システムの変化等の観点も加えて推進すると、より有益な成果につながると考えます。 ・ペダル踏み間違い事故発生は高齢者だけでなく、若者も多く発生している。間違いのメカニズムに若者の動作も参考になるのでは。対策は高齢者だけでなく有効となるだろう。 ・二次タスクの影響調査と警告音の評価について、取得データの規模と得られた結論の一般性を明示すべきである。 ・フレイルの定義は広いという指摘は重要で対象の絞り込みの視点を今後入れてゆくことが望ましい。既に取得されているドラレコ情報の活用も研究の効率化のために重要な視点となる。 ・本研究と名古屋大学 Dahlia の分析との関連がよく分からなかった。フレイルの幅は広いため、運転特性との相関を見る際には、状態をもう少し詳細に分析 (分類) した方が良いと考えられる。また、年齢や状態に関係なく有効な対策は、区別して整理した方がよい。 ・今後対象とされる高齢者のフレイル特性を医学的な見地からも把握しておいて頂きたい。 ・「フレイル高齢者ドライバ」とは具体的にどのようなものか定義を明らかにした方がよい。 ・ドラレコのデータ収集方法についても検討し、効率よく進められるとよいと思う。	

総合評価：4. 2

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

<ご指摘>

- ・フレイルの定義は広いという指摘は重要で対象の絞り込みの視点を今後入れてゆくことが望ましい。既に取得されているドラレコ情報の活用も研究の効率化のために重要な視点となる。
- ・今後対象とされる高齢者のフレイル特性を医学的な見地からも把握しておいて頂きたい。
- ・「フレイル高齢者ドライバ」とは具体的にどのようなものか定義を明らかにした方がよい。

<ご回答>

- ・杏林大学医学部との共同研究において、大学病院に通院されている患者様を対象とする実験を計画しております。新規テーマの研究において、病院で医学的な観点からフレイルの定義と分類を行い、フレイルの程度と運転行動の関係を分析する予定です。

<ご指摘>

- ・本研究と名古屋大学 **Dahlia** の分析との関連がよく分からなかった。フレイルの幅は広いいため、運転特性との相関を見る際には、状態をもう少し詳細に分析（分類）した方が良いと考えられる。また、年齢や状態に関係なく有効な対策は、区別して整理した方が良い。

<ご回答>

- ・**Dahlia** の分析を通じて直接的な成果を得ることは難しかったのですが、ドラレコ調査の得失と本研究に必要な課題を明確にすることが出来たと考えております。
- ・ご指摘の通り、フレイルや年齢に関係なく生じる運転上の問題があると思います。一方、フレイル高齢者は運転上の問題が表れやすいと考えるため、フレイル層への対策はその他の層にも役立つ可能性があると考えております。

<ご指摘>

- ・ドラレコのデータ収集方法についても検討し、効率よく進められるとよいと思う。
- ・ドラレコモニタ 4 名は少ないか。

<ご回答>

- ・ドラレコはドライバの日常的な運転を観察することが可能ですが、注目したい運転データを調査期間中に取得できるか不明なことが問題となります。
- ・今後、安全対策を施した車両の効果を評価する手段としてドラレコを活用することを検討していく予定です。
- ・また、ドラレコ実験の協力者を募集し、信頼関係を構築することも重要な課題であると実感しております。

<ご指摘>

- ・自動車に搭載される **HMI** システムの変化等の観点も加えて推進すると、より有益な成果につながると考えます。

<ご回答>

- ・**HMI** は自動運転に限らず、複雑化する車両システムの安全性を確保する上の重要な要素であると認識しております。今後、**HMI** と運転の関係についても研究を進めていく予定です。

<ご指摘>

- ・二次タスクの影響調査と警告音の評価について、取得データの規模と得られた結論の一般性を明示すべきである。

<ご回答>

- ・二次タスクと警告音の評価について、現時点はデータ数が限られておりますので、今後機会をとらえてデータを蓄積していくことを考えております。

<ご指摘>

- ・ペダル踏み間違い事故発生は高齢者だけでなく、若者も多く発生している。間違いのメカニズムに若者の動作も参考になるのでは。対策は高齢者だけでなく有効となるだろう。

<ご回答>

- ・ご指摘いただいた課題は新規に計画した研究テーマで進めていく予定です。

研究課題事後評価結果（令和5年度）

I. 評価対象研究課題の概要

後 03

1. 研究課題名：自動運転車の環境認識機能の正確性に関する研究
2. 研究代表者：中川 正夫
3. 研究期間：令和2年度～令和4年度
4. 研究予算：（R2年度）2,920千円、（R3年度）2,949千円、（R4年度）3,701千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 WP29などの国際会議の場において、自動運転車の安全性評価手法の検討が行われている。そこでは、自動運転車の認識機能が完全であることを前提として、遭遇し得る交通場面对する安全性の評価方法の検討が主流となっている。しかし、実際のセンサによる認識では、認識対象の特性だけでなく、外乱・センサ特性・アルゴリズムの特性などにより正確に認識できないことがしばしば生じる。時々刻々と変化する環境の中を走行する自動運転車の安全性を担保するためには、認識機能が不完全であることも考慮に入れた安全性評価手法の開発が求められる。 本研究では、車両による周辺環境の認識機能に関し、ミリ波レーダ、カメラ、LiDARの各センサの原理の整理、認識特性の評価、認識性能の評価手法の検討を行った。なお、車両によりセンサの種類及び個数、フュージョン方式等が異なることが想定されるため、本研究では基礎的な研究として各センサの認識性能を評価する手法とその要素について検討した。
7. 研究計画の変更等に関する説明 研究計画の変更等なし。
8. 得られた主な成果とその効果 <個別課題1> ミリ波レーダ、カメラ、LiDARの各センサについて、認識原理の調査並びに技術動向の調査を行った。（ミリ波レーダ：19件、カメラ：20件、LiDAR：55件について調査。） □ミリ波レーダ：「最大探知距離」が最も重要、次に「水平視野」が重要。 □カメラ：「解像度」及び「最大測定距離」が最も重要、次に「水平視野」が重要。広角化、高解像度化による性能向上が見込まれる。 □LiDAR：「検出距離」が最も重要、次に「水平視野」が重要。ポリゴンミラー型、チルトミラー型、ヘッド回転型、MEMSミラー型、フラッシュ型、プリズム型等様々な方式があり、今後更なる高精細化、小型化が見込まれる。 <個別課題2> 認識の正確性の評価と誤認識の整理を行った。 □ミリ波レーダ：静的条件と動的条件で認識性能が異なることが判明。建物等からの外乱の影響を受け、評価環境が異なると認識性能が大きく異なることがわかった。 □カメラ：空間中の雨滴よりもフロントウィンドウ上の雨滴が影響し、ワイパー周期の影響も受けることがわかった。また、降雨よりも霧の方が顕著に影響であることもわかった。 □LiDAR：試験場での評価において正確な認識を確認。 <個別課題3> 各センサに関し認識性能の評価法を検討した。 □ミリ波レーダ：「前方」の安全性確保：長距離レーダで、水平視野は10°～20°程度でも問題ない。「側方及び後方」の安全性確保：中距離及び短距離を検知するレーダでより広角な水平視野が求められる。試験場における評価では、評価環境、特に外乱成分を定義する必要がある。レーダテストシステムを用いた評価は、外乱のない理想的な条件における評価であり、用途並びに目的の限定が必要であることがわかった。 □カメラ：試験場でもディスプレイを用いた評価システムでも評価可能。評価システムでは、降雨環境の再現が難しく、降雨環境下における認識性能の評価手法が課題である。 □LiDAR：必要な水平視野は用途に依存する。考え方はレーダと同様。室内での評価システムは、技術的に未熟であり、有用なシステムは今のところ存在していない。 □本研究により、各センサの認識原理に則した誤認識までは明らかとなった。一方で、認識

の成否はアルゴリズムに大きく左右されるため、ベンダーではない立場で整理できる内容は限定的であった。

- 開始当初、全く未知であった各センサの評価手法について、方向性並びに課題が明らかとなった。一方で、発展途上の技術であるため、今後の技術動向を注視していく必要がある。
- WP29 等の国際会議の場で積極的に情報提供を行うことを目標にあげていたが、研究期間中 WP29 においてセンサに関する議題が取り上げられなかったため、目標が達成できなかった。今後、本研究に関連する議論が WP29 でなされる際には、積極的な情報提供を行う予定である。

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方（手順、手段、手法）は適切であったか [評価委員からのコメント] ・自動運転のためには大切な研究であるが、様々な条件設定とその結果の結びつきを導き出す必要有。工数、再現性、等含めて。	4.4
2. 研究のレベルはどうであったか（最終結果の到達度を含む） [評価委員からのコメント] ・評価した計測法における「認識」の定義を明確化すべきである。計測法ごとに「認識」の内容とそこに含まれる情報の正確さが異なると思われるが、「認識」性能を公正に評価できるのか。 ・センサの計測精度、計測値から自動運転に必要な情報を導出する信号処理の精度、アルゴリズムの精度、高速性などすべて含んだ評価なのか？ ・センサ単体での評価から、システム全体の評価方法へ進めてほしい。	4.0
3. （当初の計画からの変更があった場合、）その理由・内容は適切か [評価委員からのコメント] ・	該当なし
4. 研究成果の発表状況は適切か [評価委員からのコメント] ・発表状況は非常に良好である。	4.6
5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか（社会的有用性） [評価委員からのコメント] ・自動運転の高度化に向けて重要と思う。	4.3
○ 評価委員のその他コメント ・今後、国際基準調和の場で有益な DATA の取得を期待します。 ・センサ性能、使い方について交通研としての役割を明確にした方が良い。 ・自動運転車の認証の際、センサ性能をどう扱うか、今後の課題であると感じた。 ・評価した計測法における「認識」の定義を明確化すべきである。計測法ごとに「認識」の内容とそこに含まれる情報の正確さが異なると思われるが、「認識」性能を公正に評価できるのか、センサの計測精度、計測値から自動運転に必要な情報を導出する信号処理の精度、アルゴリズムの精度、高速性などすべて含んだ評価なのか？ ・センサ単体の評価になっていることについて実用的視点からの疑問が出された。視点は試験条件の合理的設定ということなので、センサ、システムの供給者との関係は難しそうだと感じた。 ・今後、カメラの認識性能（センサ）に関する技術はますます重要になり、開発競争も激しくなっていくと考えられるので、評価手法の確立に期待したい。 ・センサメーカーとの技術面の情報交換の機会が持てるとよい。 ・質問にもありましたが、センサフュージョンとして評価する必要があると考えます。 ・各センサメーカーとの共同で試験法を決めていく必要があるかと思います。 ・未検知のケースも重要であるが、誤検知してシステム（例えば自動ブレーキ）が作動するケースも実路走行中にもよくあるので、誤検知の場合も含めて評価していただきたい。	

Ⅲ．評価委員のコメントに対する意見、対応等

貴重なご意見ありがとうございます。

以下のとおり、それぞれのご意見に対し回答致します。

<ご指摘>

自動運転のためには大切な研究であるが、様々な条件設定とその結果の結びつきを導き出す必要有。工数、再現性、等含めて。

<回答>

ご指摘ありがとうございます。ご指摘の通りと認識しております。現状では、試験場における実車を用いた評価とテストシステムを用いた評価が選択肢としてありますが、精密工学会誌 Vol.89, No.5 (2023), pp.411-416 に投稿した通り、それぞれの手法は一長一短であり、工数、再現性、等含め今後も条件と手法について整理を進めていく所存です。

<ご指摘>

評価した計測法における「認識」の定義を明確化すべきである。センサの計測精度、計測値から自動運転に必要な情報を導出する信号処理の精度、アルゴリズムの精度、高速性などすべて含んだ評価なのか？センサ単体での評価から、システム全体の評価方法へ進めてほしい。質問にもありましたが、センサフュージョンとして評価する必要があると考えます。

<回答>

ご指摘ありがとうございます。本研究では「認識」を「対象物の存在及びそれに付随する情報（距離や種別（人なのか、車なのかの識別）等）を得ること」と定義しておりましたが、資料に記載しておりませんでした。申し訳ありません。おっしゃるように、センサの種類により取得できる付随情報が異なります（ミリ波レーダであれば距離、相対速度、反射強度、カメラであれば距離、形状、種別、色.）が、センサごとに取得できる情報の正確性について評価を行っておりました。

また、その際には車両での使用を想定し、サンプリングレートごとの正確性を評価しておりました。つまり、ご指摘のセンサの計測精度、計測値から自動運転に必要な情報を導出する信号処理の精度、アルゴリズムの精度、高速性などすべて含んだ評価です。なお、本研究ではセンサ単体での評価でしたが、今後システムの評価について検討を進める所存です。

<ご指摘>

発表状況は非常に良好である。自動運転の高度化に向けて重要と思う。

<回答>

ありがとうございます。今後も国際会議を含め、積極的に発表していく所存です。

<ご指摘>

今後、国際基準調和の場で有益な DATA の取得を期待します。センサ性能、使い方について交通研としての役割を明確にした方が良い。自動運転車の認証の際、センサ性能をどう扱うか、今後の課題であると感じた。

<回答>

ご指摘ありがとうございます。現状、国際基準調和の場において明確な議論がなされていませんが、テクノロジーニュートラルの観点からもセンサ単体を認証することはないと考えております。認証試験においてはあくまでも、車両・システムとしての性能が保安基準を満たしているのかを評価することになるかと思えます。今後も国際会議の動向をウォッチするとともに、日本としての立場を明確にできるよう研究を進める所存です。

<ご指摘>

今後、カメラの認識性能（センサ）に関する技術はますます重要になり、開発競争も激しくなっていくと考えられるので、評価手法の確立に期待したい。センサメーカーとの技術面の情報交換の機会が持てるとよい。各センサメーカーとの共同で試験法を決めていく必要があるかと思います。

<回答>

ご指摘ありがとうございます。ご指摘の通り、センサ類の開発競争が激しくなり、その性能が大幅に向上することが見込まれる中で、評価手法の確立に向け、センサメーカーとの情報交換や共同研究の可能性も含め、検討を進めていく所存です。

<ご指摘>

未検知のケースも重要であるが、誤検知してシステム（例えば自動ブレーキ）が作動するケースも実路走行中にもよくあるので、誤検知の場合も含めて評価していただきたい。

<回答>

ご指摘ありがとうございます。ご説明から漏れていたかもしれませんが、本研究ではセンサがいかに「漏れなく正確に」認識できたかを評価してまいりました。したがって、その中には誤検知の場合も含んでおります。

ご指摘のように、AEBの不要作動のような問題が自動運転においても懸念されることも承知しておりますので、今後そうした誤検知による影響も評価できるよう検討を進める所存です。

以上、ご指摘・コメントを頂戴し、誠にありがとうございました。

研究課題事後評価結果（令和5年度）

I. 評価対象研究課題の概要

後 04

1. 研究課題名：営業車両による状態監視技術を用いた軌道の評価に関する研究
2. 研究代表者：緒方 正剛
3. 研究期間：令和2年度～令和4年度
4. 研究予算：（R2年度）2,655千円、（R3年度）2,530千円、（R4年度）2,226千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 営業車両による状態監視技術を用いて、軌道の整備状態や走行安全性の評価を行う手法を検討し、線路の維持管理の省力化等を可能とするための仕組みを提案するために以下の研究を行う。 車両動揺に基づく軌道状態の要注意箇所の抽出手法について、さらに省コストな端末の検討を行うとともに、軌道整備の要注意箇所を抽出するデータ処理手法を検討する。 営業車両の動揺データに基づき、軌間拡大リスクを優先的に評価すべき箇所を抽出する手法を検討する。 営業車両を用いたレール/車輪接触力の測定データに基づき、摩擦係数を考慮した走行安全性の評価を可能とするための、摩擦係数算定手法等の検討を行う。
7. 研究計画の変更等に関する説明 特に無し。
8. 得られた主な成果とその効果 (1)軌道状態の評価に省コストな市販の小型端末を活用するために、加速度センサとしての精度及び位置同定の精度を確認するとともに、小型端末の機能要件について整理した。小型端末から得られた車両動揺データに基づき、軌道の状態の要注意箇所を抽出するソフトウェアを製作し、別途軌道検測車により測定された軌道変位のデータと比較すること等より検証を行ったうえで、車両動揺に基づく軌道監視手法をとりまとめた。 (2)軌間拡大箇所と車両動揺との相関関係の検証を行い、車両動揺データをもとに軌間拡大の可能性のある箇所を推定するアルゴリズムを構築した。これをもとに、車両動揺データから軌間拡大箇所を推定し、抽出された箇所において軌間拡大リスクの評価を行った結果、リスクが高い箇所であることを確認したうえで、軌間拡大リスクを優先的に評価するための手順を取りまとめた。 (3)車両運動シミュレーションソフトによって、レール/車輪接触力を考慮した車両運動シミュレーション環境を構築したうえで、営業車両で日々測定される輪重・横圧から摩擦係数を算定する手法を構築した。さらに、本手法によって摩擦係数と摩耗量を推定した結果を台上試験結果と比較し、算定手法の妥当性を検証した。これにより、営業車両を用いたレール/車輪接触力の測定データに基づき、具体的な保守の指示を出すための手順をとりまとめた。 これらの成果を軌道状態の監視のためのツールとして鉄軌道事業者に展開する取組を進めることによって、地方鉄道などの安全性向上と信頼性維持が期待される。

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方（手順、手段、手法）は適切であったか [評価委員からのコメント] ・地方鉄道のニーズはあるものの、金額（コスト）データのN増し等で使えるものにしてもらいたい。	4. 5
2. 研究のレベルはどうであったか（最終結果の到達度を含む） [評価委員からのコメント] ・提案した軌道状態の評価手法について、従来法に比した長所と課題を明示すべき。	4. 1
3. （当初の計画からの変更があった場合、）その理由・内容は適切か [評価委員からのコメント] ・	該当なし

4. 研究成果の発表状況は適切か [評価委員からのコメント] ・数多くの対外発表が積極的に行われていることは良い。可能なら査読付論文としてまとめた成果としての公開もできると良い。 ・発表状況は良好である。	4. 5
5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか（社会的有用性） [評価委員からのコメント] ・成果物に加え、知財権を取得している点は良いと考えます。 ・状態監視システムとしての製品化、実用化を考えると車両関係の機器の製造者との連携が重要と考える。 ・スピードアップを期待したい。	4. 3
○ 評価委員のその他コメント ・実際に使用されるシステム開発に向け、精度とコストのバランスを検討する必要があると考えます。 ・あまり言及したくありませんがメンテナンスに使用するという前提にして、安全問題に突込まない方がよいと思います。脱線等事故が発生したときの責任問題に関わります。この部分の整理が必要です。 ・提案した軌道状態の評価手法について、従来法に比した長所と課題を明示すべき。 ・成果を具体的にアピールするには、地方鉄道の事業者あるいは鉄道設備の管理者から提案するシステムに対するフィード・バックに関する具体的な例が示されると良いと感じた。 ・複数のスマホによる計測結果に相違があるという他の委員の経験説は、このようなシステムの有用性の検証には難しいが重要であると感じた。 ・地方鉄道に限らず色々な事業者のデータを集めた上で統計的に処理し、提案した手法の結果を検証すると、より価値が出るのではないかと考えられる。 ・軌道の安全性を維持する制度への提案に成果が活用されることが期待される。 ・それぞれの研究テーマ間の相関関係が明らかになる全体像を示してもらおうとよい。	

総合評価：4. 3

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

・軌道の状態監視システムとして、製品化・実用化を目指す際には、鉄道車両関連の機器製造メーカーとも連携しつつ、精度とコストとのバランスに留意して以降の研究も進めます。

・安全性を確保する前提で、本研究の成果を軌道のメンテナンスの支援という位置づけで整理しつつ、慎重に進めてまいります。

・従来からの地方鉄道における軌道の検査は、全線にわたり係員が徒歩での目視や器具を用いた計測により主に行われているが、本研究で得られた手法を用いて、ピンポイントに軌道の補修必要箇所を把握することができ点が長所です。本研究では軌道の上下変位を中心に補修必要箇所の把握が可能となったが、上下変位以外の平面性等の狂いの検出については今後の課題であり、引き続き検討してまいります。

・これまでにフィールドで検証を実施した鉄道事業者からは、システムの仕様などについてフィード・バックを受けており、軌道監視のさらなる自動化等の要望もありますので、今後深度化を進めてまいります。

・センサの精度の検証は重要であり、他の事業者に展開する上で違う機種を用いる場合は、必ず精度検証を行い展開するようにします。

・今後の研究の中で、車両動揺データと軌道状態の対応等について、さらに多くの事例を蓄積し、様々な状況に対応できるように検討して行く所存です。

・個別テーマで扱う技術は異なるものの、本研究テーマ全体としては、脱線を防止するために必要な軌道のメンテナンスを支援する技術を対象としております。わかりやすい説明を今後も心がけます。

研究課題事後評価結果（令和5年度）

I. 評価対象研究課題の概要

後 05

1. 研究課題名：地域特性に応じた新しい公共交通システムの評価に関する研究
2. 研究代表者：大野 寛之
3. 研究期間：令和2年度～令和4年度
4. 研究予算：（R2年度）1,356千円、（R3年度）1,540千円、（R4年度）1,302千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 これまで取り組んできた公共交通の導入効果評価手法の適用範囲を新たに開発が進む交通システムへ広げ、各種交通システムを組合せた地域全体の交通ネットワークの評価の深度化を図る。特に近年はグリーンスローモビリティと呼ばれる低速かつ乗車人員の比較的少ない車両の開発が進み、各地で導入に向けた実験が始まっている。電動であることから自動運転との親和性も高い新技術に対する調査を行う。スローモビリティは速達性はなく移動時間が長くなることから、単純な利便性の観点では評価が低くなる。しかし、コミュニケーションの場としての役割や低速ならではの快適性等、従来の評価軸とは異なる点で評価され注目されている。そこで社会的視点も含めた新たな評価手法について検討する。また、地域公共交通を検討する自治体等に対して技術的支援を行なうとともに、公共交通に関する懇話会等を通じて地域レベルの理解増進を図る。 様々な移動手段を統合的に検索～利用～決済可能な MaaS が注目され、各地で導入に向けた社会実験が行われている。これらは様々な主体により実施されており、統一されたものとはなっていない。日本における MaaS 技術開発の現状を調査し、課題を抽出しその課題への対応策について検討する。
7. 研究計画の変更等に関する説明 新型コロナウイルスの影響による社会実験の中止や規模縮小、出張機会の逸失により現地調査を縮小しネット調査のみとした。
8. 得られた主な成果とその効果 (1) 中～小量輸送向けに開発が進む新しい（自動運転技術含む）公共交通システムについての技術調査 各地で社会実験が進められているグリーンスローモビリティ車両に関する技術情報と利用状況について調査を行った。手動運転のものについては技術的には完成の域にあることを確認した。自動運転車両は実験走行で概ね良好な結果を得ているが、センサ類の信頼性や耐久性について継続的な検証が進められている。自動運転の実験中に発生した事故の原因については、ヒューマンエラーによるものと、システムエラーとしては、GPS のマルチパスによる位置誤認の事例を確認した。調査の過程で新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大の影響により、社会実験の中止や期間短縮、あるいは乗車制限等が相次いだことより、出張機会が消失し現地調査を十分な実施することができなかった。 (2) 新しい公共交通システムを地域に導入する場合の効果の予測評価手法の検討と結果の検証及び地域支援 交通流シミュレータと、GIS（Geographic Information System：地理情報システム）を利用した移動需要発生モデルとの連携を図るためシミュレータの改修を行った。さらに、地域公共交通の潜在需要を推定するための新たな指標の検討を行った。潜在需要を生み出すベースとして「移動困難者」を「公共交通にアクセスしにくい（駅・バス停から1km以上の地点に居住）かつ自動車の運転ができない（19才未満、65才以上）」と定義して分析した。将来的には大抵の箇所では移動困難者数は増加せず減少するが、一部移動困難者が増加する地域（3割程度）が存在することが明らかになった。潜在需要の計算結果に基づいて、グリーンスローモビリティの有効なトリップの可視化を行った。シミュレーション結果の可視化に併せて、グリーンスローモビリティ実証運行が行われている地域の状況との比較によるケーススタディを行った。その結果、複数の地域でシミュレーション結果と実証運行のルートに類似性が見られたことから、シミュレーションの妥当性が示された。開発した手法は全国に適用可能であり、今後、小規模な公共交通システムの導入を検討する自治体の導入支援に資することができる。 (3) MaaS (Mobility as a Service)技術開発に関する調査

各地で実施されている MaaS の社会実験に関する調査を行った結果、日本における MaaS の状況は「MaaS レベル 0 統合なし（サービスが統合されていないこと。従来の交通システムのように、移動手段がそれぞれ独自にサービスの提供しているレベル。）にあることが分かった。MaaS のレベルを向上するためには、その元となる公共交通のデータが同一フォーマットで誰でもアクセスできる状況となる必要がある（オープンデータ化）。しかし、公共交通データのオープンデータ化は進んでおらず、現状では日本における MaaS の実態は小規模な実験段階に過ぎず、広範かつ統一的な MaaS の実現には関係機関が連携して推進する必要がある。

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方（手順、手段、手法）は適切であったか [評価委員からのコメント] ・コロナ禍による影響有。 ・現状の人のデータでよいのか？ ・居住場所が変わるのでは？	3. 5
2. 研究のレベルはどうであったか（最終結果の到達度を含む） [評価委員からのコメント] ・新しい公共交通システムの評価軸は複数あるが、今回の評価項目と各項目の重みづけを明示すべきである。 ・評価指標の検討も MaaS に関する調査も不十分。	3. 5
3. （当初の計画からの変更があった場合、）その理由・内容は適切か [評価委員からのコメント] ・COVID-19 の影響であり、いたし方ないと考えます。 ・コロナ対策としての社会活動の制限が研究遂行に深刻な影響を与えたこと。それに対する対抗手段が限定的なものであったことは良く理解できる。 ・新交通システムや MaaS の技術開発に関して、文献等での調査がもう少しできたのではないかな。 ・コロナによるため仕方ないが。	3. 6
4. 研究成果の発表状況は適切か [評価委員からのコメント] ・発表の場を増やし、訴求を強めることを期待します。 ・学会発表における一般への成果公開を増やすべき。 ・種々の制約で検討が限定される中、DMV についてのまとまった記事が公開できたことは良かったと思う。 ・論文発表がないのは残念。 ・査読付論文があるとより望ましい。	3. 2
5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか（社会的有用性） [評価委員からのコメント] ・新しい公共交通システムを導入する場合の効果の予測評価ができそうです。	3. 7
○ 評価委員のその他コメント ・MaaS レベルはゼロが現状と知った。どうやって変革できるか？「健康につなげる」という視点の意見有。 ・公共交通システムの評価軸は複数あるが、今回の評価項目と各項目の重みづけを明示すべきである。 ・MaaS に対する残念な現状は調査の通りだが、海外の比較的うまく行っている例との比較の中で希望の持てる展望が示せないものかと、ややもどかしくも感じた。 ・議論を聞いていて高齢者のモビリティ支援は難しい課題であることを改めて感じた。 ・新交通システムや MaaS の技術開発に関する調査は不十分だと考えられる。「地域の特性に応じた」というテーマであるので、地域ごとの MaaS という考え方もあるのではないかな。そういう意味では、日本は MaaS レベル 0 ではないとも言える。いずれにしても、交通システムの「評価」には到達していないと感じた。 ・利用する住民の受容性に対する配慮についてもご検討頂きたい。 ・移動することによるフレイル防止、健康まちづくりを目的とした MaaS の検討が今後は必要	

と考えます。

- ・ スロモビでどこへ行きたいか？利用者の声も大切にしてほしい。

総合評価：3.5

Ⅲ．評価委員のコメントに対する意見、対応等

MaaS の基本となる公共交通のオープンデータ化は、国際的な標準フォーマットである GTFS (General Transit Feed Specification) によるオープンデータを各事業者が整えることが望ましいと考える。国土交通省でも 2016 年からバスの標準データとして推奨しているが、バス事業者は中小企業が多いことから、データ整備と公開までに時間を要している。バス以外の公共交通事業者も含め GTFS によるデータ公開を推進することができれば、そのオープンデータを使って利用者の立場で利便性を考えた MaaS の開発が進むことが期待される。利用者の行動範囲が大きくなければ地域 MaaS で完結できるし、すべての事業者がオープンデータを整備すれば、全国的に使える MaaS も実現可能となる。利用の実態に即した様々な MaaS を生み出すためにも、全国的な標準フォーマットの公共交通オープンデータ化を推進する必要があると考える。

そうした利便性向上策と併せて「地域に応じた」公共交通サービスの評価に向けて、本研究の期間中に進めることができなかった地域の実情調査と評価、および、評価を基にした新たな公共交通の社会実装に向けた研究を、次年度以降進めていく。