

研究課題事後評価結果（令和3年度）

I. 評価対象研究課題の概要

1. 研究課題名：ブレーキ検査方法の高度化に関する研究
2. 研究代表者：関根道昭
3. 研究期間：令和元年度～令和2年度
4. 研究予算：（元年度）2,032千円、（2年度）390千円、
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 <ul style="list-style-type: none">車検場等でブレーキテストが適用できない場合に実施する走行テストについて、減速度測定による検査の効率化、簡便化の可能性について検討した。その結果、車検場の走行路において減速度試験を行うことは技術的には十分可能であるものの、運用面では課題が多いことを示した。
7. 研究計画の変更等に関する説明 <ul style="list-style-type: none">評価委員会のご指摘により実施内容等を全面的に変更した上で研究を開始した。計画段階では、検査における測定器の仕様や測定手順等を求めることとしていた。実際には精密測定器を使用して車両挙動を正確に把握し、その結果から減速度測定によるブレーキ試験が実施可能かどうか検討することに主眼をおいた。
8. 得られた主な成果とその効果 <p>本研究では乗用車と大型車の前後に精密測定器を設置し、減速度測定に影響を及ぼす様々な要因と検査場の走行路における走行テストの実施可能性について検討した。</p> <p><u>（1）減速度の測定結果に影響を与える要因の分析</u></p> <ul style="list-style-type: none">路面ノイズによる影響 計測結果の簡単なスムージング処理により加速度ノイズを除去可能制動時のピッチング角による影響 初速度 10km/h から 0.6G 相当の減速時でも最大ピッチング角 1° 程度 →ピッチングの影響は 0.02%程度のため補正不要減速度センサの設置位置による影響 ピッチング角にわずかの差異が見られるが誤差の範囲減速度センサの設置方向のずれによる影響 今回は測定器の座標軸を車両 XYZ 座標系に合わせ 3 軸の減速度を正確に測定 →軸がずれている場合に測定誤差となる <p><u>（2）減速度測定によるブレーキ検査の実現可能性の検討</u></p> <ul style="list-style-type: none">検査に必要な走行距離（加速、定速走行、制動停止の合計） プロドライバが運転、制動初速度 10km/h で 25m 程度必要 一般ドライバでは最低でも 50m は必要検査に必要な時間（加速、定速走行、制動停止の合計） プロドライバが運転、制動初速度 10km/h で 15 秒程度必要 一般ドライバによる 1 分間に 1 台の検査は不可能 →ブレーキテストの検査をこの方法に全て置き換えることはできない減速度センサの設置方向のずれによる影響 測定器の座標軸と車両 XYZ 座標系がずれている場合に生じる測定誤差 →3 軸センサを使用して合成減速度を計算する必要がある

II. 評価結果

1. これまでの研究の進め方

3. 3

(手順、手段、手法)は適切であったか

- ・ 現行のブレーキテスト検査の代替の必要性和目指すべき検査内容を明確にするとよかった。車検場での問題点が不明のため、本研究の重要性や緊急性を理解しづらかった。
- ・ 「高度化」を研究課題としている一方で「走行テストの効率化、簡便化」を研究目的としており、不整合に感じる。

2. 研究のレベルは

2. 9

どうであったか

(最終結果の到達度を含む)

- ・ 得られた計測結果を、代替検査法としての技術的課題や、検査精度、検査コスト、簡便性などに関する従来法との比較に関する議論に結び付けてほしい。
- ・ 減速度測定によるブレーキ試験法が技術的には活用可能であることが明らかになった点は成果と言えるが、運用面での課題について、解決の方向性も示してほしかった。

3. (当初の計画からの変更があった

4. 3

場合、)その理由・内容は適切か

4. 研究成果の発表状況は適切か

2. 0

- ・ 成果物を明確にし、積極的に公開するように進めていただきたい。

5. 得られた成果から社会的

2. 8

効果が期待されるか

(社会的有用性)

- ・ 現成果では、従来ブレーキテストに対する提案手法の代替性が明確に示されていない。見出された課題とその解決策に関するタイムテーブルを作成すべきであろう。
- ・ 現状の加減速を実測定する方法では、実際の運用への適用が困難そうであり、OBD等を活用した省力化を組み合わせる必要があると思う。
- ・ 代替検査の効率化は図れるかもしれないが、プロドライバが必要となるなど、実用化には課題が多いと考えられる。

○ 評価委員のその他コメント

- ・ 代替試験法の実用化を想定し、研究を通じて得られた課題をさらに明確にし、解決策を具体的に提示することが期待される。
- ・ テーマの目標設定の根拠となる情報の不足や研究途中における方向性の議論が十分にされていなかったというような懸念がある。
- ・ 従来ブレーキテストによる検査法に対し代替法検査法を提案する理由、提案手法がどのような利点と特色を有するのか、これらが明確に説明されるべきである。
- ・ 丁寧な実験をされた成果だと思うので、今後の成果の活用方策・期待される効果についても、第三者に理解できるような具体的記述をしていただくのが良いでしょう。
- ・ 得られた結果の活用方法を具体的に示していただきたい
- ・ 何をもってブレーキシステムが正常と判断するかによって、検査手法も変わってくるため、さらに上流の研究も必要に思える。
- ・ 従来の方法の課題がどこにあり、今回の検討によって何が改善されるのかといった観点

で研究がまとめられていないため、GPS センサを設置して測定する意義など、提案された手法の有用性が判断しづらかった。

総合評価：3. 1

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

<ご指摘 1ー背景・目的の明確化>

- ・ 現行のブレーキテスト検査の代替の必要性と目指すべき検査内容を明確にするとよかった。車検場での問題点が不明のため、本研究の重要性や緊急性を理解しづらかった。
- ・ テーマの目標設定の根拠となる情報の不足や研究途中における方向性の議論が十分にされていなかったというような懸念がある。
- ・ 「高度化」を研究課題としている一方で「走行テストの効率化、簡便化」を研究目的としており、不整合に感じる。

<回答 1>

ご指摘ありがとうございます。車検におけるブレーキ検査の課題について明確にご説明しておらず申し訳ございません。現状の車検において、ブレーキテストが適用できない車両には走行テストを実施しております。将来の車両の高度化や自動運転化に備えて、テスト自体の高度化を検討しており、今回は減速度を測定する走行テストの技術的課題や実現可能性について調査しました。そのため、目的として述べた「走行テストの効率化、簡便化」は不適切であり、「走行テストの高度化と実現可能性の検討」などとすべきでした。

<ご指摘 2ー手法の妥当性>

- ・ 従来ブレーキテストによる検査法に対し代替法検査法を提案する理由、提案手法がどのような利点と特色を有するのか、これらが明確に説明されるべきである。
- ・ 何をもってブレーキシステムが正常と判断するかによって、検査手法も変わってくるため、さらに上流の研究も必要に思える。
- ・ 従来の方法の課題がどこにあり、今回の検討によって何が改善されるのかといった観点で研究がまとめられていないため、GPS センサを設置して測定する意義など、提案された手法の有用性が判断しづらかった。

<回答 2>

ご指摘ありがとうございます。現状行われている走行テストは、ブレーキの基本性能を確認するための簡潔なテストです。今後、車両の高度化が進み、センサ類の挙動を含めた「ブレーキシステム」を検査することを考慮すると、ブレーキが正常に作動する走行条件や判定条件が複雑になることが予想されるため、その第一歩として減速度測定による試験方法の可能性について検討いたしました。

<ご指摘 3ー成果の有用性>

- ・ 得られた計測結果を、代替検査法としての技術的課題や、検査精度、検査コスト、簡便性などに関する従来法との比較に関する議論に結び付けてほしい。
- ・ 現成果では、従来ブレーキテストに対する提案手法の代替性が明確に示されていない。見出された課題とその解決策に関するタイムテーブルを作成すべきであろう。

<回答 3>

ご指摘ありがとうございます。当然のことながら今回用いた測定器は通常的車検では使用できないため、検査を実施可能な計測装置の条件等を検討する必要があると考えております。また、研究成果を実際の車検に適用するには長い期間がかかるため、今後も機構本部と研究成果を共有し、適切なタイミングで研究成果が活用されるように努めてまいります。

<ご指摘 4－運用上の課題>

- ・ 現状の加減速を実測定する方法では、実際の運用への適用が困難そうであり、OBD等を活用した省力化を組み合わせる必要があるとそう。
- ・ 減速度測定によるブレーキ試験法が技術的には活用可能であることが明らかになった点は成果と言えるが、運用面での課題について、解決の方向性も示してほしい。
- ・ 代替検査の効率化は図れるかもしれないが、プロドライバが必要となるなど、実用化には課題が多いと考えられる。
- ・ 代替試験法の実用化を想定し、研究を通じて得られた課題をさらに明確にし、解決策を具体的に提示することが期待される。
- ・ 得られた結果の活用方法を具体的に示していただきたい

<回答 4>

ご指摘ありがとうございます。今回の研究では検査の高度化のための解決策について、ほとんど検討できませんでした。今後は OBD の車両情報などを活用した総合的な検査システムの基本デザインの構築を目指してまいりたいと思います。

<ご指摘 5－成果の公表>

- ・ 丁寧な実験をされた成果だと思うので、今後の成果の活用方策・期待される効果についても、第三者に理解できるような具体的記述をしていただくのが良いでしょう。
- ・ 成果物を明確にし、積極的に公開するように進めていただきたい。

<回答 5>

ご指摘ありがとうございます。研究成果については、機構本部との情報共有を行うとともに、今後、必要に応じて学会等でも発表する予定です。

研究課題事後評価結果（令和3年度）

I. 評価対象研究課題の概要

1.	研究課題名：再現性や公平性を高めた実用燃費、電費評価手法に関する研究
2.	研究代表者：奥井伸宜
3.	研究期間：平成30年度～令和2年度
4.	研究予算：（30年度）6,017千円、（元年度）5,181千円、（2年度）6,723千円
5.	研究の種類：経常研究
6.	<p>研究の要旨</p> <p>電気自動車（EV）の急速な普及が今後見込まれる。将来のEV普及に対して、試験法の改良や整備等の備えが必要である。そこで、乗用車EVに対しては再現性や公平性を高めたロボット運転、車室内空調を考慮した新たな評価手法を、重量車EVに対しては試験法の整備が必要であり、これら課題に対し対応を行う。</p>
7.	<p>研究計画の変更等に関する説明</p> <p>変更なし。</p>
8.	<p>得られた主な成果とその効果</p> <p>下記3テーマに取り組み、査読付き論文6編（内1件、論文賞受賞）、学会発表（交通研フォーラム含む）計21件、知的財産権の申請1件が得られ、国内外から注目される研究内容であった。</p> <p>(1) シャンダイナモ試験への運転ロボット適用の検討 「標準ドライバモデル+小型可搬型運転ロボット」の構築により、認証試験の公平性を確保できる可能性を得た。当該技術に関しては、国交省へ提案している。実際に受託試験のシャンダイナモ装置を用いたモード走行においても、当該ロボットを活用している。</p> <p>(2) 重量車EVの電費評価手法の検討 EVの電費を高精度に評価する「バッテリーHILS」を構築し、台上にて実車性能の再現を可能とした。EVだけでなく、バッテリー走行を行うPHEVを高精度に評価するには、実バッテリーと実エンジンをHILSに組み合わせる必要があることが分かった。これら結果を受け、現状未整備状況が続く、重量車EV及び重量車PHEVの試験法に知見を展開することが可能となった。</p> <p>(3) 車室内空調使用時の電費（燃費）評価手法の検討 空調使用時の電動車両を、公平に効率よく評価できる可能性を得た。認証試験へ展開を図るには、さらなる課題への対応が必要であることも分かった。</p>

II. 評価結果

1.	<p>これまでの研究の進め方</p> <p>（手順、手段、手法）は適切であったか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・個別課題に対して、手法とマイルストーンを適切に設定しており、着実に成果が出ている。 	4. 8
2.	<p>研究のレベルは</p> <p>どうであったか</p> <p>（最終結果の到達度を含む）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・論理的に研究を展開しており非常に良い。 	4. 7
3.	<p>（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</p>	-
4.	<p>研究成果の発表状況は適切か</p>	4. 8

- ・現状の課題が明確であり、その課題解決のプロセス及び成果が出て、わかりやすかった。車室内空調使用時の電費（燃費）評価とカタログ評価の関連性を説明すべきと思った。
- ・自動車技術会等における成果公開を意欲的に行い、内外の高い評価が客観的に得られたことを実績が示している。

5. 得られた成果から社会的

4. 7

効果が期待されるか (社会的有用性)

- ・公平性&再現性の高い評価が可能な小型可搬型運転ロボットが開発できたことは、他の試験分野でも活用でき有用。
- ・効率化はもとより、公平かつ実走行に近い評価が可能になることは、ユーザーへの情報提供としてのメリットも大きい。

○ 評価委員のその他コメント

- ・成果が多数発表されていることは評価される。ロボットによる運転法については、自動車メーカーでも実施している例があるので、情報交換を行って手法を改善することを期待する。なお、この手法では、装着の手間を改善する必要がある。
- ・環境性能の試験法における Battery-HILS の組み込みとその有用性の実証という、現在の社会的要請に応えた交通研の設備と環境を活かした研究成果になっている。今後の成果の活用方策・期待される効果、および計画記載欄の問題意識も具体的に記述されていることを確認した。
- ・開発した運転ロボットに関する特許取得や技術供与などの計画はあるか？
- ・より実走行に近く、公平な評価をユーザーに提供できるよう、継続してほしい。
- ・ドライバモデルの進化として、車両周辺の環境情報（先行車との車間距離等）を考慮したものにしていけたらと思っている。
- ・カーボンニュートラル対応において CO2 排出量算定が必要となってくると、公平な燃費・電費の評価手法に対する需要はますます高まることが予想されるため、今後の研究の展開に期待したい。

総合評価：4. 7

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

評価頂きありがとうございます。今後、Battery-HILS の適用した電気重量車の電費試験法、運転ロボットを活用した公平な燃費・電費、排ガス評価試験法の「検討フェーズ」から、「整備フェーズ」に展開したいと考えています。

以下、頂いたコメントと質問の回答となります。

・車室内空調使用時の電費（燃費）評価とカタログ評価の関連性について

現状、車室内空調を使用した電費（燃費）評価法（認証審査）は存在しておらず、カタログ値の情報がない状況です。今後の電気自動車の普及に際し、電費への影響度が大きい車室内空調の使用状態を考慮する必要があると考えています。時代のニーズに合わせて、引き続き検討していきたいと考えています。

・ロボットによる運転法については、自動車メーカーでも実施している例があるので、情報交換を行って手法を改善することを期待する。

本内容は学会にて発表しており、その後、自動車メーカー、部品メーカー、研究機関を含め約 10 社程度から問い合わせを受けています。情報交換を、引き続き行っていきたいと考えています。

・この手法では、装着の手間を改善する必要がある。

（説明当日は、発表時間の関係上、ドライバモデルにフォーカスした内容となり、当該ロボットの設置性は割愛しました）市販の運転ロボットは重量が重く、複雑な機構を有するため、装着（搭載）に 10 分程度要しています。一方、構築したロボットの装着に関しては、5 分もかからず簡単に設置できており、装着の手間は少ない状況です。

・開発した運転ロボットに関する特許取得や技術供与などの計画はあるか？

運転ロボットに関しては特許取得に向け、弁理士と相談し申請作業中です。技術供与については、本特許手続きや当研究所全体の調整も必要となり、ここでの回答は控えさせていただきます。

・より実走行に近く、公平な評価をユーザーに提供できるよう、継続してほしい。

ドライバモデルのさらなる高度化や運転ロボットのさらなる小型化に対して、引き続き検討しています（下記コメントの回答参照）。

・ドライバモデルの進化として、車両周辺の環境情報（先行車との車間距離等）を考慮したものにしていけたらと思っている。

現状、その課題を考慮できるようなドライバモデルの改良とその検証に取り組んでいます。具体的には、自動運転車が先行車両を追従走行する際の燃費や排ガスが評価できる手法をこのドライバモデルと小型可搬型運転ロボットの組み合わせで検討しています。

以上

研究課題事後評価結果（令和3年度）

I. 評価対象研究課題の概要

1. 研究課題名：地方鉄道及びLRTを対象とした自動運転技術活用に関する研究
2. 研究代表者：竹内俊裕
3. 研究期間：平成30年度～令和2年度
4. 研究予算：（30年度）6,396千円、（元年度）3,706千円、（2年度）4,842千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 地方鉄道においては、人口減少に伴う要員の減少や高齢化から、省力化への期待が高まりつつある一方で、運転に伴うヒューマンエラーを防止するための取組が重要となっている。一方で、自動車の分野では自動運転に向けた高度な運転支援技術が進展しており、鉄道分野への応用が期待されている。 また、LRT（路面電車）においては、自動車と道路を共有していることから、これまで研究を進めてきた通信技術を利用した運転支援に加え、自動車の自動運転技術で活用されている自律検知技術を組み合わせた高精度な運転支援を行うことにより、自動車との衝突事故のさらなる防止効果が期待される。 しかしながら、自動車の自動運転に適用される自律検知技術には各種方式があるものの、それらの技術を鉄軌道に導入するための試験法や評価法は確立されていない。 そのため、本研究により、自動車分野での自動運転技術を含めた技術を地方鉄道ならびにLRTに導入するための試験法・評価法について検討した。
7. 研究計画の変更等に関する説明 変更なし。
8. 得られた主な成果とその効果 ・自動運転用自律検知型デバイスとして採用されているLiDARセンサ等を鉄道に応用し、実路線走行において支障となるような事象を目視に代わって収集し、そのデータを元に、地方鉄道において監視、制御または支援を行う機能を導入する際の評価を行うための試験法を取りまとめた。 ・過年度の研究で構築した通信利用型の路面電車・自動車間衝突事故防止支援システムに自律検知型デバイスを組合せ、高精度な支援について検討し、実用化に必要な機能や性能について基本設計書として取りまとめた。 ・自動車の自動運転技術を活用する際の安全性・信頼性(RAMS)及びセキュリティに関する国際規格の適用可能性について検討し、各個別課題により検討した試験法や試験条件について走行試験を通じた検証を行った。 ・これまでに構築してきた衝突事故防止支援システムを活用することにより、障害物検知装置を容易に導入できない地方鉄道の踏切における事故防止に貢献することが可能であり、今後、自律検知型デバイスの活用を含め研究を進める。

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 ・背景からその必要性を述べ、手順を踏んで研究開発を進めている点は良いが、「自動車分野でも自動運転で採用されている技術を活用する」という表現であるため、何をどう支援するのか整理した方がよい。 ・自動車で見聞が豊富な分野であり、それらの活用でより効率的な研究等もできるように思えた。	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) ・成果を基本設計書として取りまとめた点が評価できる。	3. 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

—

4. 研究成果の発表状況は適切か

4. 0

- ・表題の「自動運転技術活用」の定義を明確にしないと自動運転そのものの研究開発と誤解してしまう。あくまで運転士支援であり、通常の信号に基づく運転操作である運転制御は範囲外で、別に軌道内に侵入した外乱を検知し、支援するものであると明記したほうがよい。
- ・査読付き論文があればさらに良い。

5. 得られた成果から社会的

4. 0

効果が期待されるか
(社会的有用性)

- ・先行車両やはみ出し車両への接近に対する警告等への活用に関しては有用だと考えられる。踏切事故の防止にまで応用できるかは、今後の研究を見守りたい。
- ・地方鉄道等において、実際に導入可能性があるのか気になった。

○ 評価委員のその他コメント

- ・十分な成果の発表や特許を得ていることは評価される。関連する自動車の技術を適切に援用することや、機器メーカーとの協力を図ることが望まれる。
- ・本日の発表の提示の方法では、「自動運転技術」位置づけがややあいまいに感じられるので、対外的成果発信の際は、明確なご説明が望まれる。直接ドライバレス運転を目指した研究でないことは理解したが、国の鉄道の自動運転検討会での総合安全確保にも有用な議論の支援となるよう、成果の活用を期待する。
- ・交通研で行うべき研究テーマである、長期的に取り組む必要があると考える。
- ・鉄道に適した LiDAR のスペックは？
- ・地方鉄道等の事故防止対策において、鉄道のこういった形での運転支援によるものが最も効率的なのかに少し疑問を持った。インフラやシステム全体、自動車側の対応なども含めて、実際の事故調査から事故防止に最も有用なものを優先して研究が必要かと感じた。
- ・自動車の自動運転化の程度がレベル分けされているのと同様に、鉄道においてもどういった運転支援や制御が考えられるかを整理したうえで、研究の位置づけを明確にすると研究の狙いがイメージしやすくなると思われる。

総合評価：4. 0

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

- ・本研究の成果を発表するに当たっては、「何をどう支援するのか」という視点を加え、発表をしていきたいと思えます。
- ・ご指摘の通り「自動運転技術」の定義については、誤解のないようにあくまで運転士への支援であることを対外的成果発信の際などには強調するようになりたいと思えます。
- ・鉄道に適した LiDAR のスペックとしては、近距離は広範囲を、遠方（50m 以上）は軌道上のみを高分解能でスキャンできるものと、現在のところ考えております。メーカとのタイアップや自動車側の対応などを含め、社会実装の可能性について検討いたします。
- ・本研究では、LiDAR 等を対象にした試験法の提案を目標にしていたため、自動運転のレベルに応じた支援や制御の検討については、継続課題とさせていただきます。

研究課題事後評価結果（令和3年度）

I. 評価対象研究課題の概要

1. 研究課題名：新たな鉄道信号システムに対応する新しい安全設計手法の評価に関する研究
2. 研究代表者：工藤希
3. 研究期間：平成30年度～令和2年度
4. 研究予算：（30年度）2,773千円、（元年度）2,656千円、（2年度）1,905千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 高度化・複雑化した無線式列車制御システム（CBTC）等の新たな都市鉄道信号システムのリスク評価に対応した安全設計手法の評価方法を確立することを目的に、従来の個別部品・機器ベースの故障解析に加え、サブシステム間の相互作用に着目した新しい安全設計手法 STAMP (System Theoretic Accident Model and Processes) について、国際規格に整合した評価方法の検討を行うと共に、列車制御データ無線通信等のセキュリティ技術についても STAMP の活用や関連国際規格との整合を考慮した評価手法を検討した。
7. 研究計画の変更等に関する説明 変更なし。
8. 得られた主な成果とその効果 ・ STAMP を活用したリスク解析が、複雑化したシステムに対して有効であることを確認した。また、この解析手法は RAMS 関連規格に記載されている手法ではないが、記載の趣旨を発展させた手法であると考えられることから、将来の RAMS 関連規格への適用も考慮し、必要な資料や情報、定型的な評価手順及び解析手法適用時の課題についてとりまとめた。 ・ 列車制御用通信に関するセキュリティ、特に人為的脅威の防止対策技術に関する評価手法について、国際規格に沿った適用条件、評価項目、評価手順等を確認した。また、IEC 62280 との対応を考慮した実車走行実験により、わが国の無線環境条件等の実状を考慮した新たな通信セキュリティ規格策定のための資料を得た。 ・ 近年、地上設備の削減が可能なることから導入の検討が進みつつある CBTC 等の新しい鉄道信号システムに対して、STAMP を活用したリスク解析手法、ならびに列車制御通信のセキュリティに関する評価方法をわが国鉄道技術の一層の安全性向上と国際展開、国際規格化に資するツールとして普及、定着を図ることができる。

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 ・ 概ね計画に沿って行われたと考えられる。	4. 3
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) ・ 新しい安全設計手法である STAMP を提案し、RAMS 等の国際規格と整合した手法の確立を目指した研究であり有用であると思うが、最後の詰め（適合）まで行うことを希望する。 ・ 無線通信のセキュリティに関する評価方法の提案であったが、プロセス評価であることを明確にして、すべてを勘案した網羅的評価ではないことを示しておくべきと考える。 ・ 人為的脅威の実験で用いた外的脅威の一般性は担保されているのか。 ・ 長らく標準的に用いてきた従来の2つの手法とは異なる新手法適用に挑戦し、その有用性の実証に取り組んだことは意欲的で高く評価できる。	4. 0

・規格策定のための資料を得るなど、当初目標は達成している。

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

4. 研究成果の発表状況は適切か

- ・積極的な対外発表の姿勢を感じた。
- ・学会発表だけでなく、論文化もしている点が評価できる。

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)

- ・今後導入が増えるであろう CBTC 等のリスク評価に対し、新たな安全性解析手法の提案は有用である
と考える。すでに導入された既存システムや導入準備をしているものの扱いはどうされるのでしょ
うか？将来的にはガイドラインを示し、事業者はこれをクリアするシステム導入が必要となるのでし
ょう。
- ・規格化につながれば、普及・定着の可能性がある手法である。

○ 評価委員のその他コメント

- ・セキュリティに関しては、より詳細な情報通信技術の知識を要するものと考えられる。
- ・STAMP の具体的な使い方、有用性を明確に提示していただきたい。
- ・用いた評価法の概要説明が不十分で、それぞれの解析法で得られること、得られないこと
の内容が良く理解できなかった。
- ・従来手法との使い分け、棲み分けなどは、今後の研究蓄積を期待したいのだが、その際、
新手法の問題点、欠点についても明確に記載をし、星取表の形で、従来手法との比較を示
すことも重要かと思う。これからの研究の発展の中で、良いことだけを主張するのではな
く、そのような批判的視点で客観的なマップを示せるよう、発展させていただきたい。
- ・従来のリスク評価手法では不十分である点を具体的に指摘したうえで、成果を整理すると
本研究の意義がより主張できたと考えられる。

総合評価：4. 1

Ⅲ. 評価委員のコメントに対する意見、対応等

- ・新しい安全解析手法である STAMP を使った安全性解析については、今後も研究や民間受
託研究等を通して適用事例を増やして参ります。
- ・また、STAMP と従来手法の比較についても、批判的視点も含めて明確に整理していき
たいと思います。
- ・上記の知見をとりまとめ、将来、鉄道の安全性に関する国際規格の審議の際に貢献でき
るよう引き続き精進して参ります。
- ・本研究では、国際規格 IEC 62280 に記載されている脅威を検討したことから、外的脅威の
一般性については確保されていると考えます。
- ・無線通信のセキュリティに関しては、プロセス評価を進めていくべきと提案させて頂き
ましたが、網羅的な評価ではないという説明を含め、今後、対外的な発表の場などで説明が不
十分にならないよう注意して参ります。

研究課題事後評価結果（令和3年度）

I. 評価対象研究課題の概要

1. 研究課題名：車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する研究
2. 研究代表者：山口大助
3. 研究期間：平成30年度～令和2年度
4. 研究予算：（30年度）1,713千円、（元年度）3,984千円、（2年度）3,667千円
5. 研究の種類：経常研究
6. 研究の要旨 本研究では、GPS等の衛星測位と他のセンサ（例えば慣性航法装置）の組み合わせによる車上主体型列車位置検知技術の性能（精度、信頼性等）に対する評価手法及び要件等を検討し、これらを明確にすることを目的に実施した。
7. 研究計画の変更等に関する説明 変更なし。
8. 得られた主な成果とその効果 本研究では主に測位誤差の評価手法2件を提案し、確立した。 【車上の測位誤差の連続的な評価手法】 衛星測位等によって得た列車走行位置の誤差を連続的に評価するため、基準（リファレンス）となる測位点及び評価対象の測位点を車上で同時に取得し、両者間の距離（測位誤差）を算出する手法 【地上に対する車上の測位誤差の評価手法】 事前に高精度測位を行った地上の定点を列車が通過した瞬間に車上で測位点（測位結果）を取得し、定点と車上測位点の間の距離（測位誤差）を算出する手法 衛星測位の鉄道分野への利活用にあたっては当該路線での測位精度の事前評価が必要であり、本研究で確立した測位誤差の評価手法はこれに対応可能である。また、今後の衛星測位サービスの進展に対する評価や将来開発が予想される衛星測位を利用した閉そくシステム等に対する安全性評価に活用できる。

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	4. 4
<ul style="list-style-type: none">本研究は軌道回路によらない車上主体の列車検知であるが、低コストという観点では他の研究にもあるCBTC信号システムも選択肢の一つになる。地方鉄道に対し導入判断の材料として、開発スケジュール、実現の可能性、コスト等を提供することが必要だが、そのためにも行政側、鉄道事業者、関係メーカーとの連携が望まれる。鉄道局の検討会と連携しながら進めた点が特徴的である。	
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)	3. 8
<ul style="list-style-type: none">位置検知精度の観点を重点的に追求してきたが、今後の計画にあるように信頼性を含む性能評価を期待する。実用化にあたっては精度のズレをタイムリーにどう把握するか、信頼性が失効したことをどう検知するかが鍵となる。これができれば速やかに列車を停止させることで安全が担保できる。しかし技術的に難易度が高いと思われるので、研究の深度化を期待する。車両位置検出に求められる精度を明示したうえで、計測結果の検討と、精度評価手法に関するまとめをすべき。衛星測位、LiDARセンサの研究は、それぞれに良い成果もあり、この題目の中にあると思う。しかし、	

両者はやはり別のセンサ、研究であるため、統一的な議論としてまとめることには無理があることを感じた。それぞれの成果の中で、使用者（事業者）視点で、どのような応用があり、何が有用で、何が問題か、という経験に基づく知見を具体的に列挙することが、3年間の研究成果のまとめとしてより重要性が高いのではないかと感じた。

- ・ 国や事業者が活用可能な方法論の確立を期待したい。

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

4. 研究成果の発表状況は適切か

4. 2

- ・ 査読付き論文があるとなお良かった。
- ・ 衛星測位の活用により、低コストで列車位置検知が実現可能との研究発表であったが、今後の課題を明示できたことはよいと思う。
- ・ 鉄道分野というよりは、広く測位技術の研究かと思う。他分野の学会等でも発表して、広く成果を共有してはどうだろうか。

5. 得られた成果から社会的

4. 1

効果が期待されるか

(社会的有用性)

- ・ 測位については、鉄道分野はもとより他分野にも応用が可能と思われるので、情報展開をお願いしたい。
- ・ 衛星測位サービスの進展に応じて、本研究の手法も貢献していくことが期待できる。

○ 評価委員のその他コメント

- ・ 本技術の早期実用化が望まれる。それには、行政、事業者、機器メーカー、車両メーカーとの協力が必要であり、タイムスケジュールを提示すべきである。
- ・ 定量的な目標値の達成状況や運用負担（コストや人的リソース等）の軽減が定量的に示されるとより有用性が高まる。
- ・ 今後の准天頂生成の数の拡充を受けて、より信頼のおける測位ができるようになった時の鉄道分野、交通分野での実用化に向け、事業者、行政との協調をはかりつつ、（応用を絞ってでも）本当に使える技術への育成と評価方法の確立に結実できるよう、論理的なロードマップを意識しつつ衛星測位の検討を重ねていただきたい
- ・ UDRの推定ロジックは明らかになっているものか？それともブラックボックス？
- ・ 実用化が求められている技術と思い、商品化、サービス化へどうつないでいくかが課題
- ・ 評価手法の提案・確立が成果ではあるものの、この列車位置検知技術が一般的になるとどういった場面で有用なのかという説明があると、本研究を実施した意義が分かりやすかった。

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

評価委員の皆様には多くのご意見やご指摘を賜りまして誠にありがとうございます。頂戴したご意見・ご指摘について以下コメント申し上げます。

【「1. これまでの研究の進め方」のご意見・ご指摘について】

ご指摘の通り衛星測位は低コストで位置把握が可能な技術であり、鉄道における位置把握手段の選択肢の一つになり得ると考えます。本研究の成果を「鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会」のメンバーをはじめ、鉄道事業者、メーカー等に情報を共有していくほか、国土交通省とも連携して情報発信に努めてまいります。

【「2. 研究のレベルはどうであったか」のご意見・ご指摘について】

本研究では、衛星測位の精度評価について測位誤差を中心に検討を進め、二つの評価手法を提案するに至りました。しかしながら、研究を進めていくにつれ、衛星からの電波情報の信頼性が低ければ列車位置の正確さに欠け、危険事象につながる可能性があるほか、高い測位精度を実現する頻度が低ければ可用性が劣り、利活用が難しくなることが分かってまいりました。令和3年度からの経常研究「衛星測位をはじめとする車上位位置検知技術の評価に関する研究」では、測位誤差の評価手法の深化だけでなく、信頼性や可用性に着目した評価手法の検討に取り組んでまいります。また、用途や利活用先の路線の状況・環境等によって要求される測位性能は異なるものと理解しておりますので、これを整理し、評価手法の検討につなげてまいります。

【「4. 研究成果の発表状況は適切か」のご意見・ご指摘について】

本研究で提案した二つの評価手法については特許出願しており、令和3年度からの経常研究の成果と合わせ、査読付き論文の投稿に努めてまいります。なお、本研究で提案した評価手法は鉄道を対象としたものですが、同じ移動体である自動車等にも適用することが可能と考えております。近年、開発が盛んな自動車の自動運転にも衛星測位技術は活用されておりますので、自動車をはじめ他の分野へも情報展開していきたいと思っております。

【「5. 得られた成果から社会的効果が期待されるか」のご意見・ご指摘について】

前記と重複しますが、本研究で提案した評価手法は自動車等の他の移動体にも適用可能ですので、他の分野へも情報展開していきたいと思っております。また、令和5年度末には日本の準天頂衛星が7機体制となり、衛星測位の理論上では準天頂衛星のみで測位が可能となりますので、準天頂衛星をはじめとする衛星測位サービスの進展を把握しつつ評価手法の深化を進めてまいります。

【「評価委員のその他コメント」のご意見・ご指摘について】

ご指摘の通り衛星測位の鉄道への利活用を展開していくには、鉄道行政、鉄道事業者、鉄道機器メーカー等だけでなく、準天頂衛星の施策を推進する内閣府や衛星測位機器メーカー等との協力・連携も不可欠です。関係する方々と広く情報共有、意見交換を行い、衛星測位を利活用することのメリット（コスト、人的リソース等について）を整理するとともに、準天頂衛星をはじめとする衛星測位サービスの進展や技術開発・関係施策の動向を把握しつつ、令和3年度からの経常研究を進めてまいります。

u-blox社のUDRをはじめとする衛星測位演算のロジックは受信機メーカーの競争領域であり、弊所をはじめとするユーザ側にはその詳細の把握は難しいと思われまます。測位演算ロジックの調査もさることながら、ユーザ側には受信機で得られた測位結果が用途に対して信頼できるものであるかを的確に判定することが重要となります。その判定に活用できる評価手法の研究に今後取り組んでまいります。