

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11918

研究課題名（和文）ITS情報通信ネットワークのあるべき評価方法と交通事故削減効果に関する研究

研究課題名（英文）Studies on the appropriate performance evaluation method for ITS information communication networks and the effect of reducing traffic accidents

研究代表者

長谷川 孝明（Hasegawa, Takaaki）

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00189531

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：センサを含むITS情報通信ネットワークのあるべき評価方法とその交通事故削減効果に関する研究を、1997年以来本報告者らのグループで開発してきたマイクロコピック交通流シミュレータを大幅に刷新して展開してきた。本研究では、T秒以内にR[m]以内に入る車両間の通信を時々刻々の評価対象とする通信システムの評価法を利用し、ITS情報通信システムの過大な要求性能を避けた仕様を前提とし、警告型安全運転支援システムの事故削減効果を評価している。また、本研究では自動運転の事故削減効果、マルチモード交通社会や適応的信号制御方式の信号化交差点を含む交通流の「効率」と「安全」の関係性の評価まで含まれている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「コネクテッドカー」に代表される車の情報共有による事故削減効果は、ITS情報通信システムの普及が必要ですが、システムへの要求性能が過大になると実現が難しくなります。本研究ではまず、評価基盤を開発し、本当に必要な通信に限定して性能評価するITS通信システムの評価方法を検討し、開発した評価基盤で警告型安全運転支援システムの事故削減効果を評価しました。さらに、マルチモード交通社会や高度に適応的な交通信号制御方式も含めて、信号化交差点における交通流の「効率」と「安全性」の関係も明らかにしました。

研究成果の概要（英文）：Using significantly renewed microscopic traffic flow simulators including sensors and ITS communication systems from the simulator that our group have developed since 1997, studies on the appropriate evaluation method for ITS information and communication networks including sensors and their traffic accident reduction effect have been conducted. In this research, using the evaluation method of the communication system that evaluates the communication between vehicles that enter within R [m] within T seconds from moment to moment, to avoid the overengineering requirements of the ITS information communication systems, the accident reduction effects of warning-type safety driving support systems using the ITS communication system are evaluated. It also includes the effect of reducing accidents in autonomous driving, and the evaluation of the relationship between "efficiency" and "safety" of traffic flows, including multimode traffic society and super-adaptive signal control methods.

研究分野：システム創成情報学

キーワード：ITS情報通信 コネクテッドカー マイクロコピック交通流シミュレータ T秒Rm評価法 安全運転支援システム 安全性評価 センサ 効率と安全

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

- (1) ITS 情報通信を用いた警告型安全運転支援システムでは、ITS に使える通信システムの普及が必須であるが、従来の通信システムの評価方法では過剰な要求性能が社会的にコスト増を招き、普及の妨げになる可能性があった。適切な評価方法を提案する必要がある。
- (2) 従来の自動車交通の安全性評価は、事故統計や要因分析、衝突実験などが主で、マイクロシミュレーションによる接触事故の発生を評価する研究はほとんどなかった。
- (3) ITS 情報通信システムの性能とそれに基づく警告型安全運転支援システムの安全性能の評価を早期にすることが必要であった。

2. 研究の目的

- (1) ITS 情報通信システムの性能評価方法とそれに基づく警告型安全運転支援システムの安全性能の評価を可能とする評価基盤の確立
  - (2) センサを含めた ITS 情報通信システムの要点の明確化と警告型安全運転支援システムの安全性能の評価
  - (3) 開発した評価基盤を用いた、マルチモード交通社会や歩行者、また、交通信号制御方式を含む交通流の「効率」と「安全性」の関係の明確化
- の3点を目的としていた。

3. 研究の方法

- (1) まず、センサと ITS 情報通信システムを搭載した車両のマイクロシミュレーションに、ドライバーの認知・判断・操作に機械的な遅延を加えた総合遅延を導入し、一般道の信号化交差点を含む評価領域で、接触事故を評価可能な評価基盤を構築した。

- (2) 次に、構築した性能評価基盤を用いて、T 秒以内に R[m] 以内に入る車両間の通信に絞った通信の評価方法を種々検討し、センサと ITS 情報通信システムの適切な要求性能（通信やセンサの設計パラメータ）を求めた。ここで、図1の例では車両 A と車両 B の車両間の情報共有は

重要であるが、車両 A と車両 C の車両間の情報共有はほとんど必要がないため、通信のリソースは主として車両 A と車両 B の車両間の情報共有に割かれることが重要であることに着目した通信の性能評価方法である。

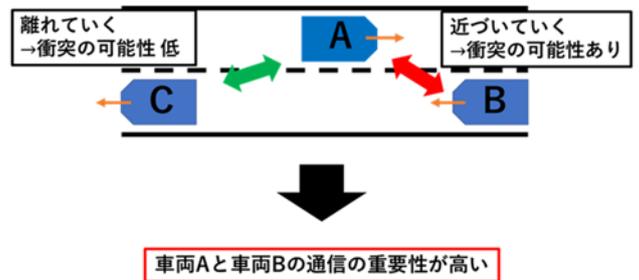
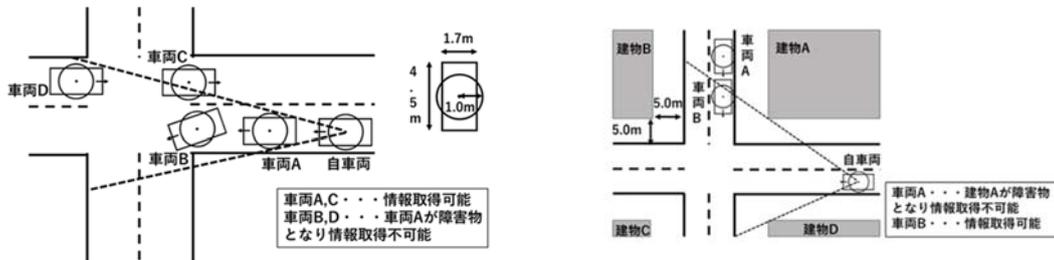


図1 T秒 Rm 評価法の説明図

また、センサでは、図2のように、車両によるオクルージョンと建物によるオクルージョンを情報取得不能の原因としてモデル化している。



(a) 車両によるオクルージョンの発生 (b) 建物によるオクルージョンの発生

図2 想定するセンサに関する説明図

なお、特別の場合を除き評価基盤は図3のような道路諸元での比較を行い、設定右左折率は表1の通りとした。

各種評価法における通信半径と必要情報取得率の関係、センシング半径と必要情報取得率の関係、センサと通信の融合型を含めた平均車頭時間間隔（混雑度）と必要情報取得率の関係を求めた。

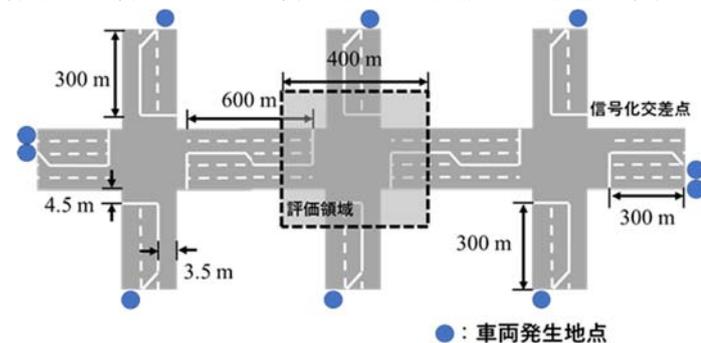


図3 評価基盤における道路諸元

さらに、警告型安全運転支援システムの普及率に対する事故削減効果と混雑度に対する事故削減効果も求めた。さらに、各種システムの通信半径に対する事故削減効果、および混雑度に対する事故削減効果も求めた。

表1 設定右左折率

	左折[%]	直進[%]	右折[%]
主方向	10	80	10
従方向	40	20	40

- (3) (2)で得られた知見から得られたパラメータを用いて、センサや ITS 情報通信システムによる警告型安全運転支援システムの安全性能の評価を行った。
- (4) さらに、センサや ITS 情報通信システムによる警告型安全運転支援システムの詳細検討のほか、自動運転車を含めた、システム普及率と事故削減効果の関係を求めた。
- (5) さらに、この新規に開発した評価基盤の「安全性」の評価機能を用いて、COVID-19 のパンデミックにおける交通社会現象のシミュレーション的検証、道路交通のマルチモード化に際して発生する安全性の検討、歩行者を含めた信号化交差点の交通流の「効率」と「安全性」の関係の検討、さらには、極めて最近急速に注目されるに至ったテーマである「適応性の高い交通信号制御方式を含む交通流の『効率』と『安全性』の関係」の検討を行った。
- (4)と(5)に関しては、結果の一部を公表しているが、現在もなお研究を進めており、今後さらにまとめて学会の論文として公表する予定である。

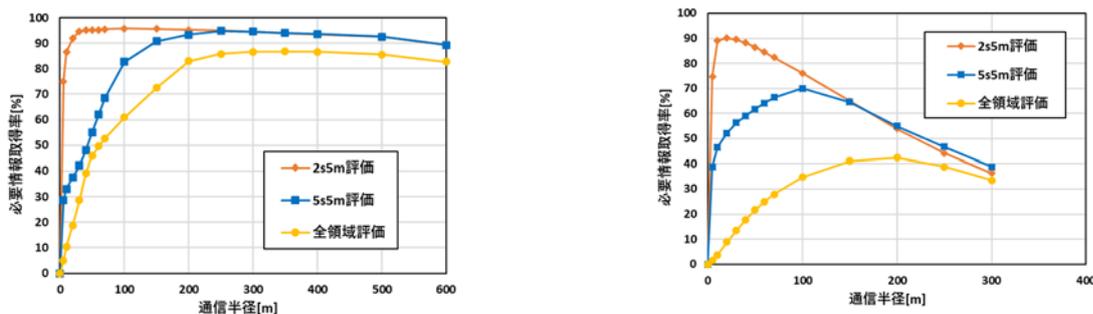
4. 研究成果

- (1) 従来の多くの研究は、道路の一定の評価領域内に存在する全車両の情報共有（通信）の性能評価で行われていたのに対し本研究では、通信を含み、事故発生もシミュレート可能なマイクロシミュレータを構築し、「任意の時刻において、一定時間 T 秒以内に二台の車両間の中心点間距離が一定の範囲 R[m] 以内に入る可能性のある車両間の通信のみを時々刻々評価対象とする通信性能評価法(T 秒 Rm 評価法)」で、2020 年度は、通信にセンサを加えて、センサ型、通信型、およびセンサと通信の融合型の三種のシステムの必要情報取得率について T 秒 Rm 評価法を用いて検討し、評価法が変わることで、システムへの要求性能（通信やセンサの設計パラメータ）が大きく変わること、また最適な通信半径やセンシング半径が存在し、システム的设计要求性能が下がる可能性を示した。また、融合型システムはセンサ型と通信型の両システムの欠点を効果的に補完できることも示した。（以下の(1) A) B)項に具体的に述べる。）

さらに、開発した評価基盤を用いた、マルチモード交通社会や歩行者、また、交通信号制御方式を含む交通流の「効率」と「安全性」の関係の明確化を研究の目的欄の3項目に挙げてあったが、これらの具体的成果は以下の(1) C)稿に述べた上、研究期間終了後の 2022 年度も引き続き研究を行っている内容を(2)~(6)に述べる。なお、(2)~(6)に関しては 2021 年度に一部論文発表を行った内容も含まれる。

A) 各種評価法における通信半径と必要情報取得率の関係、センシング半径と必要情報取得率の関係、センサと通信の融合型を含めた平均車頭時間間隔（混雑度）と必要情報取得率の関係

閑散時（各レーンの車両の平均発生時間間隔 30 秒）と混雑時（同 10 秒）の車車間通信の結果の一例を図 4 に示す。一定の通信帯域幅を前提とすると、最適な通信半径が存在し、しかも評価方法によって大きくその値が変わることが分かる。黄色は評価領域内で重要性の低い情報共有もすべて行った場合であり、橙色は 2 秒以内に 5m 以内に互いが入る車のみを対象とした車車間通信の評価方法を用いた結果である。必要な情報を、時々刻々互いに重要度の高い車両同士で共有することを評価の基準にすることが限られた周波数資源の有効利用につながり、過剰な要求性能を車両間の通信システムの要求条件とすることを避けることが、重要であることが分かる。



(a) 閑散時(ATH=30s) (b) 混雑時(ATH=10s)

図 4 各評価法における通信半径と必要情報取得率

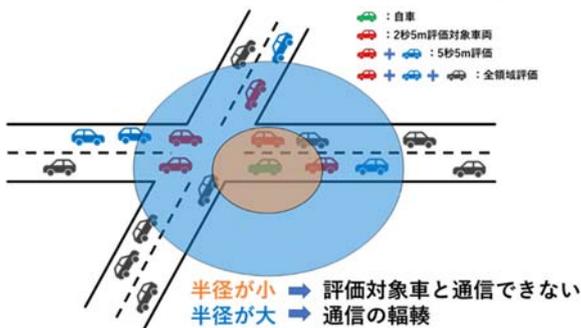
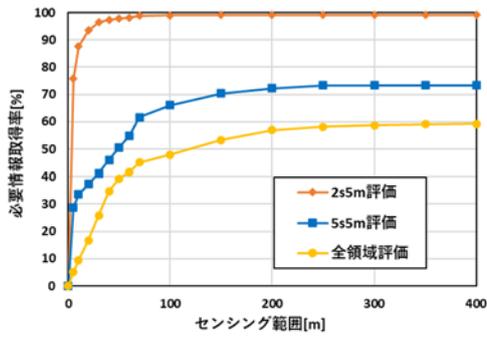


図 5 最適半径についての説明図

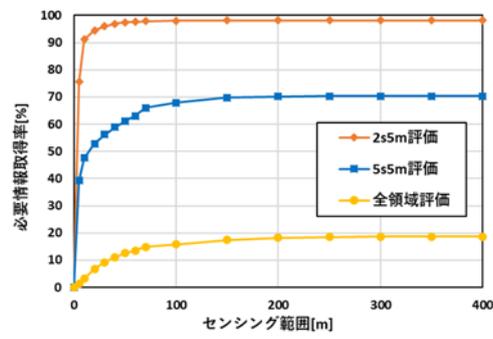
このような現象が起こる理由は、通信半径が小さいと評価対象車両と通信できない確率が高まり、逆に通信半径が大きいと通信の輻輳が起こる確率が高くなるためである。（図 5 参照）

センサも同様の評価を行い、センシング半径と必要情報取得率の関係を各種評価法で求めた。結果を図 6 に示す。

さらに、センサと通信の融合型を含めた平均車頭時間間隔と必要情報取得率の関係を図 7 に示す。融合型はそれぞれの欠点を効果的に補完していることが分かる。

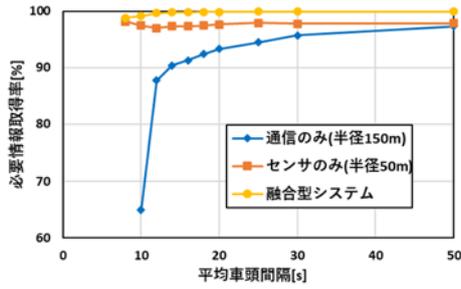


(a) 閑散時(ATH=30s)

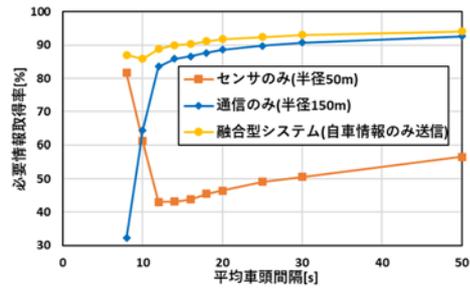


(b) 混雑時(ATH=10s)

図6 各種評価法におけるセンシング範囲と必要情報取得率



(a) 2秒5m評価法の場合

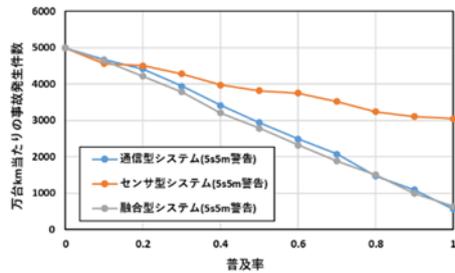


(b) 2秒5m評価法の場合

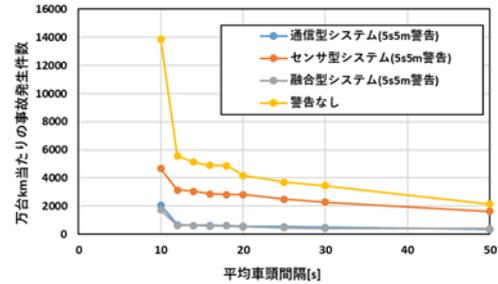
図7 センサと通信の融合型を含めた平均車頭時間間隔と必要情報取得率の関係

## B) 事故削減効果の評価結果

システムの普及率に対する事故削減効果と混雑度に対する事故削減効果の例を図8に示す。

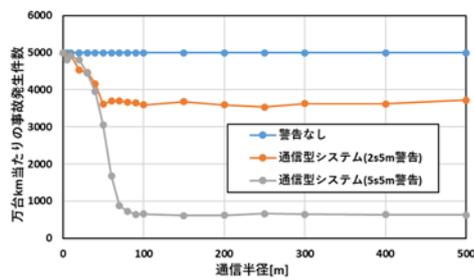


(a) システム普及率に対する事故削減効果

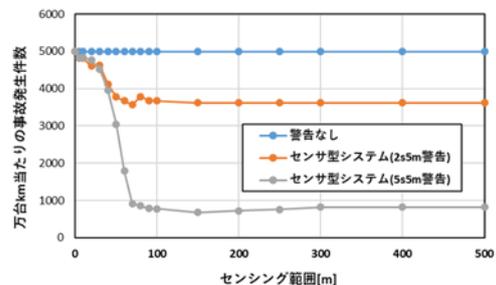


(b) 混雑度に対する事故削減効果

図8 各システムの事故削減効果



(a) 通信半径に対する事故削減効果



(b) センシング範囲に対する事故削減効果

図9 通信半径とセンシング範囲に対する事故削減効果

さらに、通信半径とセンシング範囲に対する事故削減効果を図9に示す。この結果から、通信半径やセンシング範囲が50m~70m程度あれば事故削減効果は大きいことが分かった。

## C) 交通信号制御方式を含む交通流の「効率」と「安全性」の関係に関する成果

目的欄の第3項に関して、マルチモード交通社会や歩行者に関わる研究成果は、一部を既に論文発表しているが、現在研究遂行中であるため以下の(2)~(6)に述べることとし、C)では、2021年度中に論文発表した交通信号制御方式を含む交通流の「効率」と「安全性」の関係に関する成果を報告する。

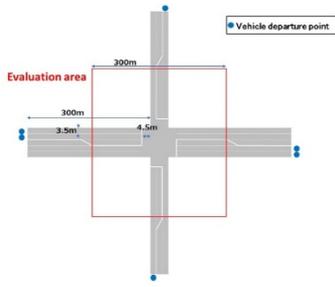


図 1 0 独立交差点の評価領域

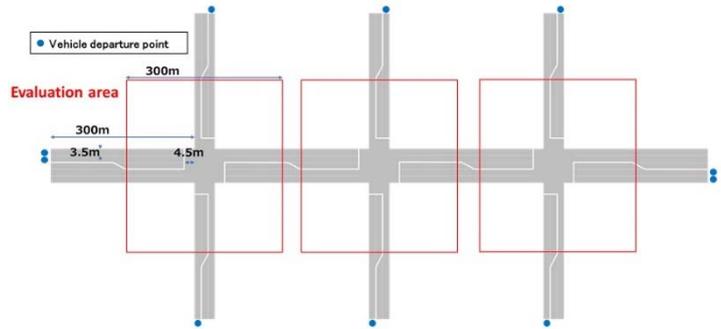
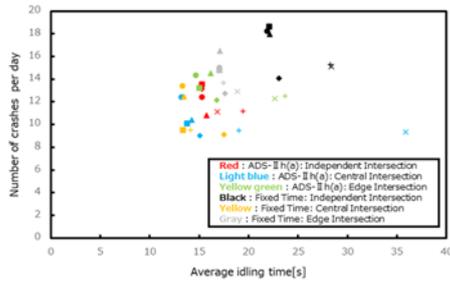
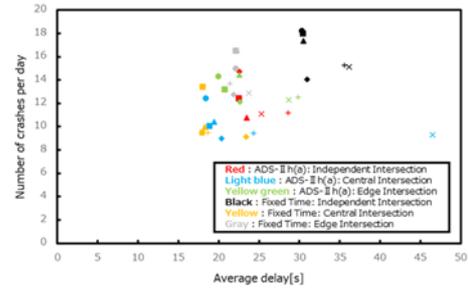


図 1 1 連続3交差点の評価領域

図 1 0 のような独立交差点と図 1 1 のような系統制御された連続交差点の各評価領域で、時間的に交通量の変わらない定常的な交通流におけるパラメータを最適化した固定時間制御方式や適応性の高い信号制御方式である ADS II h(a) 方式の「交通流の効率」と「安全性」の関係を求めた結果を図 1 2、図 1 3 に示す。

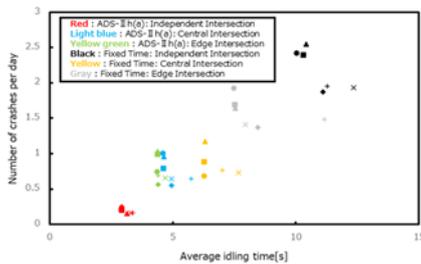


(a) 平均アイドリング時間と一日当たり事故数

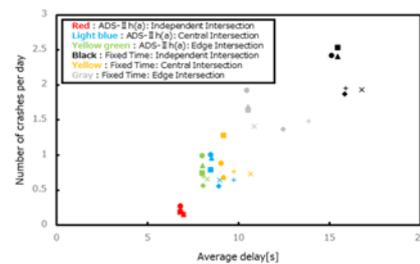


(b) 均遅れ時間と一日当たり事故数

図 1 2 主道路の一車線当たりの交通量 450 veh/h の場合 (混雑時) の安全性と効率



(a) 平均アイドリング時間と一日当たり事故数



(b) 平均遅れ時間と一日当たり事故数

図 1 3 主道路の一車線当たりの交通量 120 veh/h の場合 (閑散時) の安全性と効率

ITS 情報通信などを含めた交通のリアルタイムな把握を前提として、適応的な交通信号制御方式が交通流の「効率」に与える影響がしばしば検討されるようになったが、最近、「効率」が「安全性」にどのように影響を与えるかが世界中で急激に議論されるようになった。種々の相反する結果が乱立し、未だ確実な結論に至っていない。本研究で構築したシミュレータに極めて適応性の高い高度デマンド信号制御方式 ADS II h(a) 方式を導入し、独立交差点、系統制御された連続3交差点について、「効率」と「安全性」の検討を行い、「閑散時と混雑時、また評価する領域で、各種信号制御方式の『効率』と『安全性』は変わるが、概ね『効率』と『安全性』は一致して変動し、臨界点付近では、『効率』と『安全性』は相反する指標となる。」という結論を得ている。本研究の成果と更なる発展は本分野とその知見を応用する社会に一定の貢献をするものと思われる。

- (2) 警告型安全運転支援システムのドライバモデルをより現実的なモデルに変更した場合、システムの普及率が高くなった時の事故削減効果が、自走運転車や理想的な警告型安全運転支援システムと異なり、線形的に増加せず、効果が頭打ちになることを示した。(2021 年度論文発表し、さらに発展した内容の論文発表を執筆中)
- (3) 本評価基盤を用いた COVID-19 のパンデミックにおける交通社会現象のシミュレーション的検証により、世界の多くの国で報告された「交通量の減少による交通事故数の減少と重大事故率の増加」の現象を本評価基盤で説明可能なことを示唆した。(2021 年度公表し、さらに研究を遂行中)
- (4) 本評価基盤を歩行者を含む交通流に発展させ、一般的な交通信号制御のパラメータである「サイクル長」と「スプリット」に関して、「効率」と「安全性」の関係を求めたが、この結果は「効率」ばかりでなく「安全性」も含めた交通信号制御の現行の実務に直結する知見である。(2021 年度公表し、さらに研究を遂行中)
- (5) 道路交通の低速車レーンを分離するマルチモード化に際して、「自動車(超小型低速車(PMV)を含む) / 低速車(自転車)」(現行)から「自動車 / 低速車(自転車と PMV 共用)」にしたときの安全性の評価を、本研究で用いた手法を発展させた評価基盤を構築し、評価を行った。(2021 年度公表し、さらに研究を遂行中)
- (6) マルチモード交通社会で、交通量の多い都市部では不適とされてきた平面交差のラウンドアバウトをモード階層分離された交差点に変更したときの「効率」を評価するシミュレータを構築したが、2022 年度では本研究の手法を発展させ、この「安全性」を求めるフェーズに移っている。(2022 年度中の論文発表の準備中)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 千葉雅弘, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-73
2. 論文標題 センサ/通信による安全運転支援システム及び自動運転システムの事故削減効果について～普及率と効果の関係～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 54-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 笠原凜, 長谷川孝明, 長谷部壱佳	4. 巻 vol.121, ITS2021-39
2. 論文標題 COVID-19のパンデミックにおける交通社会現象のシミュレーション的検証～重要ピークが存在～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 84-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平山勇河, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-38
2. 論文標題 高度デマンド信号制御 h方式の安全性と効率について～安全性と効率は両立するか～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 78-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 趙康博, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-37
2. 論文標題 交通モード階層分離型ラウンドアバウトの1階の利用方法について～自転車と歩行者のシェアドスペース化～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 73-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩崎遥平, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-23
2. 論文標題 信号化交差点における歩行者を含めた交通流の効率と安全性の関係について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 88-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平山勇河, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-24
2. 論文標題 高度デマンド信号制御 h方式について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 95-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 趙康博, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-17
2. 論文標題 マルチモード交通社会におけるラウンドアバウトの階層化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 51-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 磯前裕紀, 長谷川孝明	4. 巻 vol.121, ITS2021-18
2. 論文標題 道路環境のマルチモーダル化における安全性と効率について～SVレーンは自転車と超小型低速車両の共用か、自転車専用か？～	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 59-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikkei Hasebe , Takaaki Hasegawa	4. 巻 Vol.E104-A, No.10
2. 論文標題 Desirable ITS Communication for Safety: Evaluation by the TsRm Evaluation Method for Overengineering Prevention, and Discussion About Sensor and Communication Fusion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1379-1388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷部 彦佳、長谷川 孝明	4. 巻 ITS2020-3
2. 論文標題 安全を目的としたあるべきITS情報通信について-センサと通信システムの融合とT秒Rm評価法による過剰要求性能の回避-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikkei HASEBE and Takaaki HASEGAWA	4. 巻 Vol.E104-A, No.10
2. 論文標題 Desirable ITS communication for safety: Evaluation by the TsRm evaluation method for overengineering prevention, and discussion about sensor and communication fusion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 長谷部 彦佳、長谷川 孝明
2. 発表標題 安全運転支援システムの性能評価基盤の構築
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2019-10, pp.49-54, Sep 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷部 孝佳, 長谷川 孝明
2. 発表標題 あるべき ITS 情報通信と評価法について-T秒Rm評価法における通信設計およびセンサと通信システムの搭載率による情報取得率に関する検討-
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2019-65, pp.63-68, Mar 2020.
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------