

ISFJ2023

政策フォーラム発表論文

生活道路における子供の交通事故削減¹ -ICT の活用-

同志社大学
三好研究会
都市交通①

松田晏青
森田若奈
梶井千皓
松本翔汰

2023 年 11 月

¹ 本稿は、2023 年 12 月 16 日、17 日に開催される ISFJ 日本政策学生会議「政策フォーラム 2023」のために作成したものである。本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。本稿の執筆にあたって、佐藤健哉教授（同志社大学大学院理工学研究科）、渡辺昭次先生（同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター嘱託研究員）、梅田学先生（東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構生産技術研究所次世代モビリティ研究センター特任研究員）をはじめ、多くの方々から熱心かつ有益なコメントを頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。

要約

歩行者の動きはドライバーにとって予測不能であり、事故が発生することは避けられない。このような予測不可能な動きによる事故を防ぐために近年では AEB(衝突被害軽減ブレーキ)などの技術が開発されており、その結果として、全体の事故は減少傾向である。しかし、生活道路と呼ばれる箇所での事故数は減少していない。生活道路における事故は、自宅から 500[m]圏内で発生しており、重症を負った被害者は全年齢の半数近くを占める。また、生活道路における人口 10[万人]あたりの死傷事故件数は小学生が最も多い。このような現状から私たちは、生活道路における子どもの交通事故削減政策について言及する。

上記の現状分析を踏まえ、生活道路における子どもの事故を防ぐために、子どもの予測不可能な動きに対応する必要があることが分かった。子供の予測不可能な動きによる生活道路の事故を削減する為には、AEB 等の車単体のシステムでは、防げる事故に限界がある。歩行者が自らを守るデバイスと協調した歩車間通信のシステム導入を行うことによって、今まで防げていなかった事故も防げるようになると考えた。

先行研究として、大西ほか(2021)、吉井ほか(2022)、宮崎ほか(2016)また、WHO(2008)を挙げる。大西ほか(2021)では歩行者の年齢に応じた事故発生要因を分析している。吉井ほか(2022)では、生活道路交差点における交通事故リスク要因分析を行い、宮崎ほか(2016)では、学路で発生した子供の交通事故に関する実証的研究を行っている。WHO(2008)では、世界における子供の事故を含む損傷について述べており、特に本稿では費用対効果に着目した。これらの先行研究では、生活道路における事故リスクの高さと、子供の事故の突発性、そしてその対処に対する分析を行っている。

人対車両事故の減少率を他の事故と比較するために負の二項分布分析を行った。その結果、人対車両事故における生活道路での事故の減少率は生活道路以外と比較すると低いことが分かった。そして、先行研究、負の二項分布分析から、それらの突発的な生活道路での事故を削減するために、歩行者の持つデバイスと協調した歩車間通信のシステム導入が必要だと考えた。歩行者情報をドライバーに対して通知する手法では、DSRC (Dedicated Short-Range Communication)、Bluetooth 通信を用いる手法、携帯電話網を利用する手法、無線 LAN を利用する手法などが考えられる。それぞれの通信手法を技術の面、実現可能性などの面から分析し、最適な通信手法を検討した。その結果、無線 LAN を使用する手法が最適であると結論づけ、本稿で使用する歩行者情報をドライバーに通知するシステムは、無線 LAN を使用することとした。本稿では無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法としたシステムを提案する。

また、本稿での費用便益分析では、無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法を実装した場合における便益と、実装することで生じる社会的費用を比較し、本システム導入が社会的に望ましいのかを評価した。

政策提言では、本稿で導入を目指す無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法という技術が社会に実装される際、行政がどのような環境整備を行うべきか提言する。本稿の到達目標である、生活道路事故の未然防止を目指すため、全自治体でのシステム導入を目指す。ただし、システムを社会実装するためには、環境や制度の整備が必要不可欠である。本システム導入を考えた上で、行政に求められるニーズは、多様かつ複雑であり、行政単独では解決できない課題もある。そのような課題に対処するために、官民が連携し、社会全体が

協力し連携して、進めていく必要がある。また、交通事故削減という一つの目標に様々なセクターが協力し、各自の専門知識を共有して課題に取り組むことも求められてくる。このために、行政主導のもと、民間企業や教育機関などを結ぶハブとして行動し、行政を中心に構築されたネットワークを構築すべきであると考え。行政が主体となり、異なるセクターを結びつけることで、町の安全を共同で守ることを目指す。「進化する技術やシステム」と「社会」を繋ぐ為の環境や制度が整備されれば、他のシステムを社会実装する際にも活用できるはずである。そのための政策提言を行い、システム提案からその導入までのフローについて、本稿では解説を行いたい。

目 次

第1章 現状分析・問題意識	5
第1節 現状分析.....	5
第1項 日本における交通事故の現状.....	5
第2項 生活道路における人対車両事故の推移.....	6
第3項 生活道路における年代別事故割合	7
第4項 生活道路事故削減のための取組み	8
第2節 問題意識.....	9
第2章 先行研究および本稿の位置付け	10
第1節 先行研究.....	10
第2節 本稿の独自性および新規性	11
第3章 分析.....	12
第1節 交通事故の発生状況分析	12
第2節 最適なシステムの比較検討	17
第1項 車両メーカーによる歩行者安全確保システム.....	18
第2項 DSRC (Dedicated Short-Range Communication) を用いた歩行者存在通知手法.....	18
第3項 Bluetooth を利用した歩行者存在認識手法	19
第4項 LTE 通信を用いた歩行者存在通知手法.....	20
第5項 無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法.....	21
第6項 システム比較検討のまとめ	23
第4章 政策提言	24
第1節 政策提言の方向性.....	24
第2節 費用便益分析.....	24
第1項 費用便益分析の概要.....	25
第2項 便益概算	25
第3項 費用概算	26
第4項 分析結果	30
第3節 政策提言-最新技術を社会実装する為に	30
第4節 政策提言のまとめ	34
参考文献.....	36

第1章 現状分析・問題意識

第1節では現状分析について述べ、子供の行動が予測困難であることを強調し、そのような事故を減少させる政策について言及する。その中で、各項においては、日本における交通事故の現状、生活道路における人対車両事故の推移、政府の対策などを説明する。そしてそのうえで第2節では、本稿における問題点の定義を行う。

第1節 現状分析

2020年6月、東京の世田谷の生活道路で、4歳の男の子がワゴン車の下敷きになり、意識不明の重体になった後、搬送先の病院で死亡した。男の子はスケートボードに腹ばいになって乗り、手で押しながら信号のない交差点に進入した際に、車と衝突したとみられる²。この事故は予見することが難しく、回避することが困難であったことから不起訴となった。

このように子供の動きはドライバーにとって予測不能であり、事故が発生することは必然的である。本稿ではこうした予測不能な子どもの事故を減らすための政策について言及していく。

第1項 日本における交通事故の現状

近年、自動運転技術の発展により、快適な移動環境が整ってきている。従来の運転行動では、運転者がすべて操作を行っていたが、運転支援という形で、自動運転レベル1にあたるAEBや車線はみだし時のステアリング制御機能などの技術が開発され³、社会に普及している。AEBとはAutonomous Emergency Braking（衝突被害軽減ブレーキ）の略であり、自動車が前方障害物との衝突を回避するため、または衝突速度を下げるために自動的に動作するものである。⁴また、日本では2020年からレベル3（条件付き自動運転）が実用化された⁵。条件付き自動運転とは特定の走行環境条件を満たす限定された領域において、自動運転走行装置が運転操作の全部を代替する機能である⁶。そして、内閣府をはじめ、各省庁が実証実験を行い、将来的に完全自動運転を可能にするための取り組みが始まっている。このような自動運転の導入により、安全な社会の実現や物流システムの向上が期待されている。⁷そして、さらなる安全な車社会の実現のために、協調型自動運転の研究も行われている。これまで、自車両のみのセンサ情報で周囲の環境情報を取得していたが、他

² 日本経済新聞「スケボー遊びの男児、車にひかれ死亡 東京・世田谷区」

³ 国土交通省「自動運転のレベル分けについて」

⁴ 近藤直弥(2019)「衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の世代別効果分析」

⁵ 政府広報オンライン「ついに日本で走り出す！自動運転“レベル3”の車が走行可能に」

⁶ 国土交通省「自動運転のレベル分けについて」

⁷ 内閣府「先端技術を活用した交通安全の取組」

車両やネットワークを介して周辺の状況を共有、認識を行うことができるシステムだ。結果として全体の事故発生件数は2018年には約43[万件]だったものが2022年には約30[万件]に減少している。

第2項 生活道路における人対車両事故の推移

第1項では、交通事故に対する技術の開発により人対車両事故を含め事故発生件数は減少傾向にあると述べた。しかし、本論文の執筆動機となった、スケートボード事故は「生活道路」で発生している。では、全体ではなく生活道路と生活道路以外で分けた場合、事故発生率の推移はどのようなだろうか。

前提として、事故における過失割合が大きい方を第1当事者(1当)、過失割合が小さい方を第2当事者(2当)と呼ぶ。(以下1当、2当と表記する)図1は2018年から2022年の生活道路での人対車両事故発生件数の割合を表している。生活道路における人対車両事故件数を人口と自動車保有台数の積で除し、2018年の事故率を1とした際の2018年以降の事故発生件数を相対化したものである。図2は全人対車両事故件数に占める生活道路における交通事故発生件数の割合を表している。生活道路における人対車両事故件数を全人対車両事故件数で除し、図1と同様、2018年の事故発生件数割合を1とした際に2018年以降の事故割合を相対化したものである。なお、本稿でいうところの生活道路とは、幅員が単路5.5[m]未満かつ交差点5.5[m]未満の道路をさす⁸。

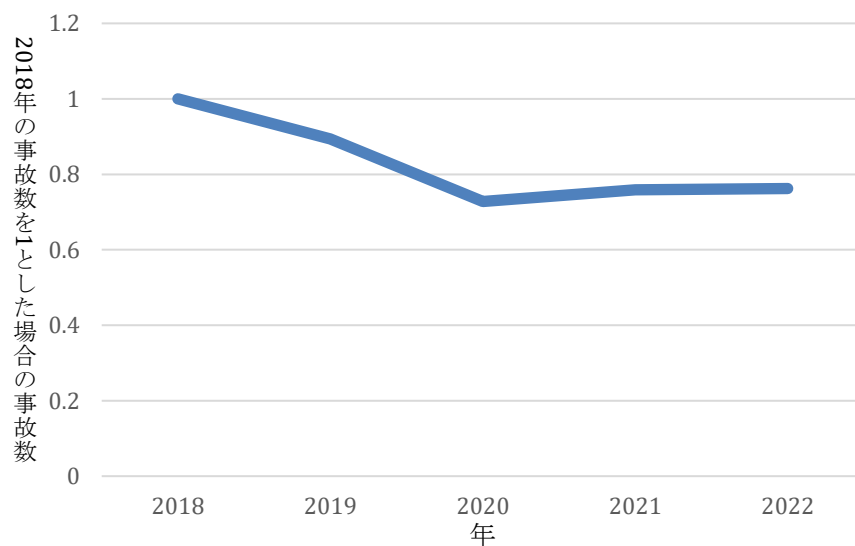


図1:生活道路における人対車両事故発生件数

出所:公益社団法人交通事故総合分析センター(ITARDA)の交通事故集計ツールを利用して得たデータを利用して作成

⁸ 交通工学研究会(2011)「生活道路のゾーン対策マニュアル」

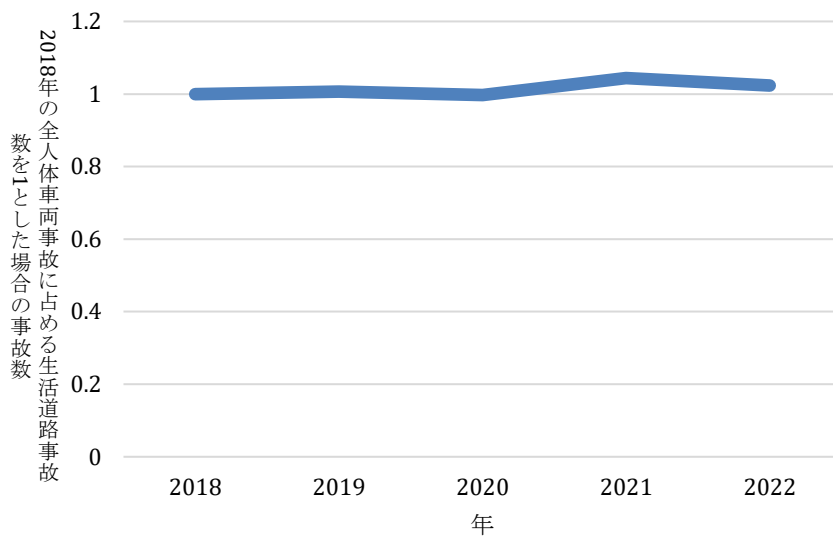


図 2: 全人对車両事故件数に占める生活道路での人対車両事故発生件数割合

出所: 公益社団法人交通事故総合分析センター (ITARDA) の交通事故集計ツールを利用して得たデータを利用して作成

図 1、2 から示唆するように、「生活道路」での人対車両事故発生件数は、減少傾向にあるが、全事故件数に占める生活道路における交通事故発生件数の割合は、ほぼ横ばいで推移している。しかしながら第 3 章で示すように、生活道路における人対車両事故や自転車を 2 当とする車両相互事故は、他の事故類型に比べて減少率が低いのである。これを踏まえ、私たちは生活道路をターゲットとし、生活道路における事故削減政策について言及していく。

第 3 項 生活道路における年代別事故割合

第 2 項では生活道路における人対車両事故発生件数の割合は横ばいで推移していると述べた。では、年齢別ではどうだろうか。図 3 は、全人对車両事故のうち生活道路で発生する事故の割合を年齢別にグラフ化したものである。割合は、2018 年から 2022 年に発生した人体車両事故のうち歩行者が 2 当であるものを対象にして、生活道路における年齢別人対車両事故件数を全体の年齢 別人対車両事故件数で除して求めている。また、2 当が自動車の運転者となる場合は除いている。図 3 が示すように他の年代と比べて 0～15 歳、つまり 2 当が子供である事故が多い。また、生活道路での事故は、自宅から 500[m] 圏内で発生しており、重症を負った被害者は全年齢の半数近くを占めている。⁹この結果から、第 2 項で生活道路を場所のターゲットにしたことを加え、生活道路における「子供」の交通事故削減政策について言及していく。

⁹ 国土交通省「生活道路をとりまく環境」

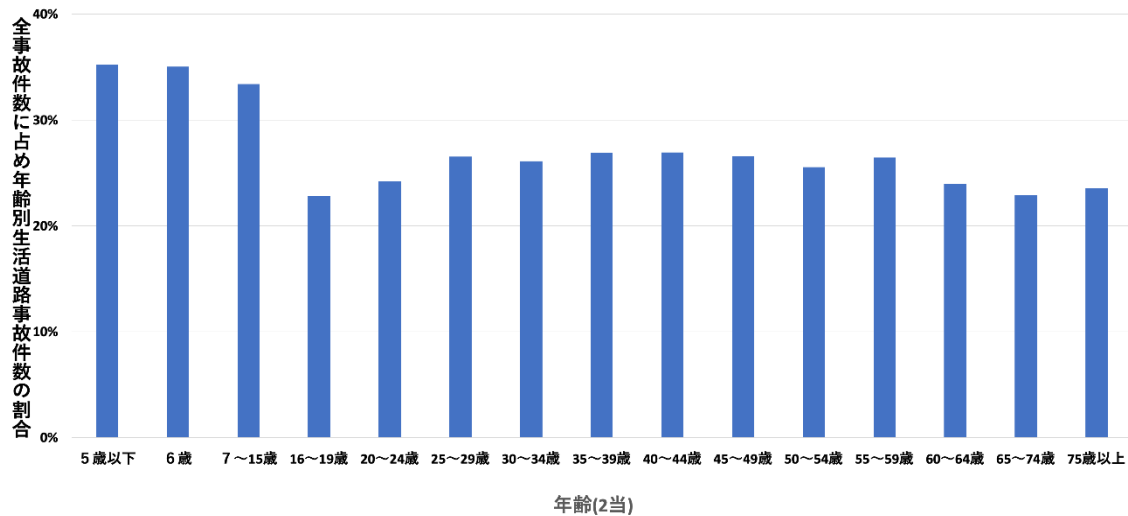


図3：全人对車両事故に占める生活道路事故の年齢別割合

出所：公益社団法人交通事故総合分析センター（ITARDA）の交通事故集計ツールを利用して得たデータを利用して作成

第4項 生活道路事故削減のための取組み

第2項では生活道路における人对車両事故数が横ばいであること、第3項では全人对車両事故のうち生活道路で発生する事故の割合を年齢ごとに分けると、生活道路では子供の事故が他の年代と比べて多いことがわかった。

この生活道路事故の現状において、国は2022年3月に第11次交通安全基本計画を策定した。この内容では、「子育てを応援する社会の実現が強く要請される中、時代のニーズに答える交通安全の取り組みとして、交通事故の無い社会を目指して、人優先の交通安全思想・高齢化が進展しても安全に移動できる社会の構築」を目指す政策を策定している¹⁰。その具体的対策の1つとして、生活道路等における人優先の安全・安心な歩行空間の整備の為、Zone30がある。交通安全対策の多くは、道路(線)や交差点(点)の問題解消等に主眼をおいて対策を行なっている。これに対してZone30は、幹線道路等で囲まれた住居地域内で最高速度30キロ毎時の区域制限を警察と道路管理者によって実施されている。¹¹実際にZone30を普及させたことで、事故数は減少している。¹²ただ、Zone30は効果的ではあるが、本件で最初に着目したような子供の突然の飛び出しやZone30を設置するにあたって住民理解が得られない地域などには、適切な対処ができていないと考えられる。また、Zone30に

¹⁰ 内閣府「特集『道路交通安全政策の新展開』-第11次交通安全基本計画による対策-

¹¹ 警視庁「ゾーン30とは？」

¹² 警察庁交通局「生活道路におけるゾーン対策『ゾーン30』『ゾーン30プラス』の概要

道路にポール、ハンプ¹³、狭さく¹⁴などの物理的デバイスを加えた Zone30+ も設置され始めているが、まだ完全な普及が行われているとは言えないと考える。

第2節 問題意識

現状分析により、生活道路における子どもの事故が多いこと・子どもには、ドライバーにとって予測不可能な動きがあることが分かった。

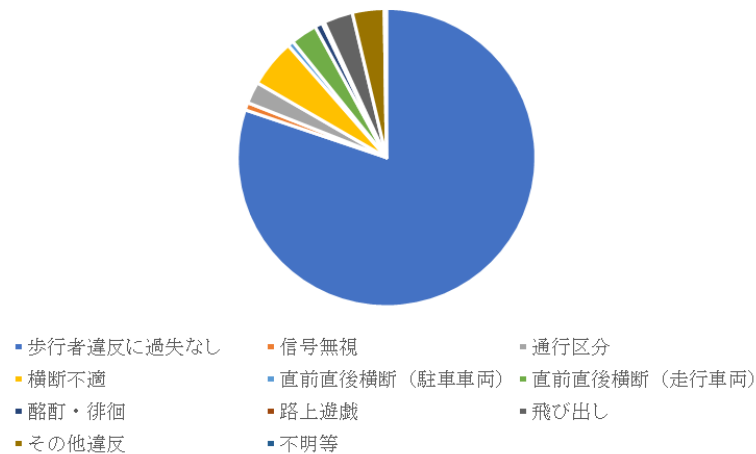


図4：人対車両事故における歩行者の法令違反別事故件数割合

出所：ITARDA のホームページからダウンロードした交通事故統計表データ（令和4年版）を利用して作成

図4は、人対車両事故について、歩行者の法令違反別に事故件数割合を示したものである。これをみると、歩行者に違反の無い事故が8割弱を占めている。すなわち、自身の注意だけでは防げない事故がほとんどである。現状分析とこれらを踏まえ、ドライバーも歩行者の挙動を予測できる仕組み、また、歩行者側も、歩行者自身が自らの安全を守るための仕組みを作るために、何らかの対策を講じるべきではないか。

¹³ 路面を滑らかに盛り上げ、30km/h以上の速度で走行する車両の運転者に不快感を与える構造物

¹⁴ 車道の通行部分を局所的に狭くし、車両の速度を抑制する構造物

第2章 先行研究および本稿の位置付け

第1節 先行研究

本稿に関連する先行研究として、以下4編をリファードした。

1 つ目は、大西ほか(2021)である。当該論文では、石川県における歩行者事故を対象とし、歩行者の年齢に応じた事故発生要因を分析した。分析に用いた交通事故データは、平成17年から令和2年に発生した事故のうち、第1もしくは第2当事者に歩行者が含まれているものを対象としている。分析の結果、歩行者の法令違反に関して、高校生以上の年代では、違反なしの割合が60[%]を超えたが、年齢が低くなるにつれて、違反なしの割合が低くなっていること、また、未就学児や小学生では飛び出しによる違反が35[%]を占めているとしている。一方、人的要因では、未就学児が保護者の不注意、小学生は安全不確認による要因が多く、また、小学生が死亡もしくは死亡した事故の約6割は歩行中の状態であり、歩行中の事故を削減することで、小学生における事故件数の低下が見込まれるとしている。

2 つ目は、吉井ほか(2022)である。当該論文では、生活道路交差点における交通事故リスク要因分析を行っている。交通事故発生地帯としての生活道路に着目しており、生活道路における事故は幹線道路の2倍以上の値を示していることや、生活道路走行時には幹線道路走行時に比して死傷事故発生の危険性が高い状態にあることに着目している。また、生活道路における死傷事故のうち約6割が交差点内で発生していることから、生活道路における事故の有効策の必要性を示唆している。

3 つ目は、宮崎ほか(2016)である。当該論文では、通学路で発生した子供の交通事故に関する実証的研究を行っており、それぞれセクターに焦点をあて分析を行っている。1 つ目の分析では、通学路における現状を述べ、従来のゾーン30のような区域の指定条件による面的施策だけではなく、より相互性、もしくは自動車の速度低減を促進するような施策が重要であると述べている。2 つ目の子供の視点から事故分析では、事故時における子供の違反はおおよそ通行車両の不注意であるが、子供が違反をしていないにも関わらず事故に巻き込まれているパターンも多いことが明らかになっている。3 つ目の運転手の視点からの事故分析では、運転手の危険認知速度（事故の危険を認知し危険回避措置を行う速度）に関しての分析を行っており、通学路では危険認知速度10・20[km/h]以下の低速な事故が高い割合を占めることを示しており、従来のゾーン30に加えた事故防止策が必要なことが示唆されている。

また、4 つ目はWHO(2008)“World Report on Child Injury Prevention”である。本レポートにおいては、事故も含めた子供の傷害について述べられており、傷害の規模、危険要因、および影響について世界的な認識を高めることを目的に執筆されている。本稿において、特に子供の傷害に対して便益と費用対効果の側面から分析に着目し、発展途上国では毎年、発展途上国が世界で受け取る開発援助総額の2倍に相当する被害事故が起きていることが問題視されている。また、米国での最近の評価においては、費用対効果から医療費と生産性の損失を考えると、子供の事故における世界的損失は大きいという指摘がされ

ている。ここから当該論文においても、費用便益分析を行う意義があると考えた。

第2節 本稿の独自性および新規性

本稿では、第1章の現状分析や問題意識を踏まえ、前節の4個の先行研究を参考にし、歩行者の存在を車両に通知するシステムの分析および社会実装に関する費用便益分析、提言を行う。本稿の独自性および新規性は以下の通りである。

(1) 潜在的被害者の情報を用いたより高度な事故回避技術の提案

第1章第1節で述べたように、AEBなどの技術が、人体車両事故の防止に有効であることが述べられた。また、他の事故と比較して人対車両事故の減少幅が限定的であることがわかった。歩行者は、自動車と比較して、ドライバーにとって動きの予想が難しい存在である。人体車両事故を防止するためのAEBなどの技術は車両側での情報収集と処理に依存しており、車両単体でのシステムでは限界があると考えられる。そのため、ドライバーは歩行者の動きや位置に関する情報を入手する必要がある。そこで歩行者が自身の位置情報を提供し車両に通達することで、車両が歩行者情報を得ることができ、事故数の減少が期待できる。そこで次章では、さまざまな通信手法を比較し最適な通信手法を分析した上で歩行者情報を車両に送信する技術を紹介する。

(2) (1)のシステムから得られる社会的利益の分析

(1)のシステムを実際に構築するためには、さまざまな機器が必要になる。それらの費用に加えて、システムを普及した際の被害者一名当たりの交通事故による損失額を便益として計上し費用便益分析を行なう。本稿で提案するシステムを実装した場合の便益と、実装することで生じる社会的費用を比較し、本稿におけるシステム導入が社会的に望ましいのかを評価する。

(3) 具体的なシステム導入方法の提案

本稿におけるシステムを普及させる際に、行政だけでなく民間企業や教育機関などの外部セクターとの関わりが重要である。そこで、行政が住民や企業等のステークホルダーと関係を築きながら事業を進めていく上での5つの点を示し、それぞれの点から、本稿のシステム普及させていくうえでのポイントを具体的に示す。また、システム構築における実現可能性および課題解決方法、システム導入に関する実現可能性を述べる。

第3章 分析

本章では、さまざまな事故の種類がある中で、どのような事故が減少していないかを分析するとともに、本稿における子供の事故件数を削減するための、歩行者情報をドライバーに通達するシステムの比較検討を行い、最適なシステムの選択を目指す。

第1節 交通事故の発生状況分析

本節では、いかで述べる2つの仮説を、負の二項回帰モデル¹⁵を用いて検証する。

第1項 仮説検証

以下に示す二つの仮説を置いた。

仮説Ⅰ：日本における人対車両事故の減少率は低い

第1章でも述べた通り、AEBなどの技術の開発により日本における交通事故は減少している。しかし、事故回避の難しさなどから、人対車両事故の減少率は車両相互事故や車両単独事故に比べて低いと思われる。この仮説を検証する。

仮説Ⅱ：生活道路における事故の減少率は生活道路以外よりも低い

道路を生活道路と生活道路以外で区別した場合、道幅が狭く、死角も多い生活道路における事故の方が減少率は低いと考えられる。この仮説を検証する。

第2項 使用するデータの概要

本分析で用いる負の二項回帰モデルでは、事故類型別事故件数を被説明変数とし、車種ダミー（4種類）、月ダミー（11種類）、年ダミー（4種類）を説明変数とするモデルである。カウントデータモデルでは、被説明変数のカウントデータをコントロールするためにオフセット項が必要となるが、本分析では、このオフセット項として車種別走行距離を用いた。なお、交通事故件数分析ではポアソン回帰モデルもしばしば用いられるが、今回の分析では過分散が確認されたため、負の二項回帰を実施した。

説明変数として用いたデータは、ITARDAの交通事故集計ツールを用いて集計して得た2018年から2022年までの5年間の事故類型別、車種別、年月別の事故件数データである。一方、オフセット項として用いた車種別走行距離は、国土交通省の「自動車輸送統計月報」から得た。なお、車種分類については、交通事故データと「自動車輸送統計月報」とで区分が異なるため、「自動車輸送統計月報」の区分あわせて交通事故データを再集計している。

¹⁵ 下野嘉子(2010)「Rを用いた一般化線形モデル(回帰係数編): カウントデータを例に」『雑草研究』第55巻4号、J. Weed. Sci. Tech、287-294頁

表 1 が、仮説 I を検証するために分析対象とした事故類型、仮説 II の人対車両事故検証するために分析対象とした事故類型、同じく仮説 II の自転車車両相互事故検証するために分析対象とした事故類型を示す。なお、仮説 II の検証では、1 当が四輪、2 当が子供で自転車または歩行者の事故に限定している。

表 1: サンプルデータ (事故類型)

事故類型	
全事故	対面通行中 (300件)
	背面通行中 (300件)
	横断歩道横断中 (300件)
	その他横断中 (300件)
	路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)
	人対車両その他 (300件)
	正面衝突 (300件)
	追突 (300件)
	出会い頭 (300件)
	左折時 (300件)
	右折時 (300件)
	車両相互その他 (300件)
	車両単独 (300件)
人対車両事故	対面通行中 (300件)
	背面通行中 (300件)
	横断歩道横断中 (300件)
	その他横断中 (300件)
	路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)
	人対車両その他 (300件)
自転車車両相互事故	正面衝突 (300件)
	追突 (300件)
	出会い頭 (300件)
	左折時 (300件)
	右折時 (300件)
	車両相互その他 (300件)

(筆者作成)

表 2: サンプルデータ (車種、年、月)

車種 (1 当)	年	月
バス	2018	1
普通乗用車	2019	2
軽乗用車	2020	3
普通以上貨物車	2021	4
軽貨物車	2022	5
		6
		7
		8
		9
		10
		11
		12

(筆者作成)

表 3: 回帰結果

変数名			回帰係数	標準偏差	P値	有意		
全事故		対面通行中 (300件)	-0.05204	0.03711	0.160792			
		背面通行中 (300件)	-0.0764	0.02827	0.006887	**		
		横断歩道横断中 (300件)	-0.08301	0.02096	7.49E-05	***		
		その他横断中 (300件)	-0.26152	0.02014	<2e-16	***		
		路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)	-0.105987	0.035663	0.002796	**		
		人対車両その他 (300件)	-0.286726	0.018817	<2e-16	***		
		正面衝突 (300件)	-0.253659	0.027198	<2e-16	***		
		追突 (300件)	-0.35443	0.01506	<2e-16	***		
		出会い頭 (300件)	-0.2208	0.01297	<2e-16	***		
		左折時 (300件)	-0.205111	0.019225	<2e-16	***		
		右折時 (300件)	-2.20E-01	1.49E-02	<2e-16	***		
		車両相互その他 (300件)	-0.182395	0.012427	<2e-16	***		
		車両単独 (300件)	-0.28411	0.0257	<2e-16	***		
人対車両事故	生活道路	対面通行中 (300件)	0.05338	0.04652	0.251197			
		背面通行中 (300件)	-0.02315	0.04429	0.601173			
		横断歩道横断中 (300件)	-0.10138	0.0313	0.0012	**		
		その他横断中 (300件)	-0.16654	0.02887	7.98E-09	***		
		路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)	-0.08172	0.06119	0.181698			
		人対車両その他 (300件)	-0.45553	0.03725	<2e-16	***		
	生活道路以外	対面通行中 (300件)	-0.15689	0.05248	0.002792	**		
		背面通行中 (300件)	-0.109712	0.033143	0.000932	***		
		横断歩道横断中 (300件)	-0.07913	0.0227	0.00049	***		
		その他横断中 (300件)	-0.308003	0.02296	<2e-16	***		
		路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)	-0.12271	0.0435	0.004788	***		
		人対車両その他 (300件)	-0.245061	0.021083	<2e-16	***		
		自転車車両相互事故	生活道路	対面通行中 (300件)	0.05338	0.04652	0.251197	
				背面通行中 (300件)	-0.02315	0.04429	0.601173	
				横断歩道横断中 (300件)	-0.10138	0.0313	0.0012	**
				その他横断中 (300件)	-0.16654	0.02887	7.98E-09	***
				路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)	-0.08172	0.06119	0.181698	
				人対車両その他 (300件)	-0.45553	0.03725	<2e-16	***
生活道路以外	対面通行中 (300件)		-0.15689	0.05248	0.002792	**		
	背面通行中 (300件)		-0.109712	0.033143	0.000932	***		
	横断歩道横断中 (300件)		-0.07913	0.0227	0.00049	***		
	その他横断中 (300件)		-0.308003	0.02296	<2e-16	***		
	路上 (遊戯・作業・停止・横臥) (300件)		-0.12271	0.0435	0.004788	***		
	人対車両その他 (300件)		-0.245061	0.021083	<2e-16	***		
(筆者作成)								

第3項 推定結果

表1、2のサンプルを用いて負の二項回帰を実施した。その回帰結果が表3である。人対車両事故、自転車車両相互事故については、生活道路とそれ以外とで分けて分析を実施している。紙幅を節約するため、ここでは、2022年ダミーの係数の推定結果のみを示している。この年ダミーの係数を用いて $1 - \exp(\beta)$ を計算すると、当該事故類型の2018年と比較した2022年の減少率が計算できる。表3を事故ごとにわけ、導き出された減少率をまとめたものが以下の図5から8である。

まず図5では全事故数の減少率を示している。*印は5%有意であるもの、星印をつけた部分は全事故のうち人対車両事故である。人対車両事故のうち、「人対車両その他」「その他横断中」の減少率が高いが、他の人対車両事故の減少率は低い。ただ、図6が示すように減少率の高い「人対車両事故」「その他横断中」の事故は全事故数に占める割合で見ると少ない。よって、人対車両事故は車両相互事故よりも減少率が低い。

次に図6では人対車両事故を生活道路、生活道路以外に分けて減少率を示している。生活道路における「人対車両その他」はとりわけ高い減少率である。しかし、「人対車両その他」「横断歩道横断中」以外は生活道路以外事故よりも減少率が低く、「対面通行中」では2018年よりも事故は増えている状況である。そして図7では自転車車両相互事故の減少率を示している。生活道路での「正面衝突」「左折時」事故を除いて、生活道路以外事故との減少率は同等である。

以上の結果より、「仮説Ⅰ：日本における人対車両事故の減少率は低い」は車両相互、単独事故と比べて減少率は低い、減少率自体は極めて低いわけではないため、「減少率は低い」と言い切れない。また、「仮説Ⅱ：生活道路における事故の減少率は生活道路以外よりも低い」は、人対車両事故においては言える。しかし、自転車の車両相互事故では立証できない。

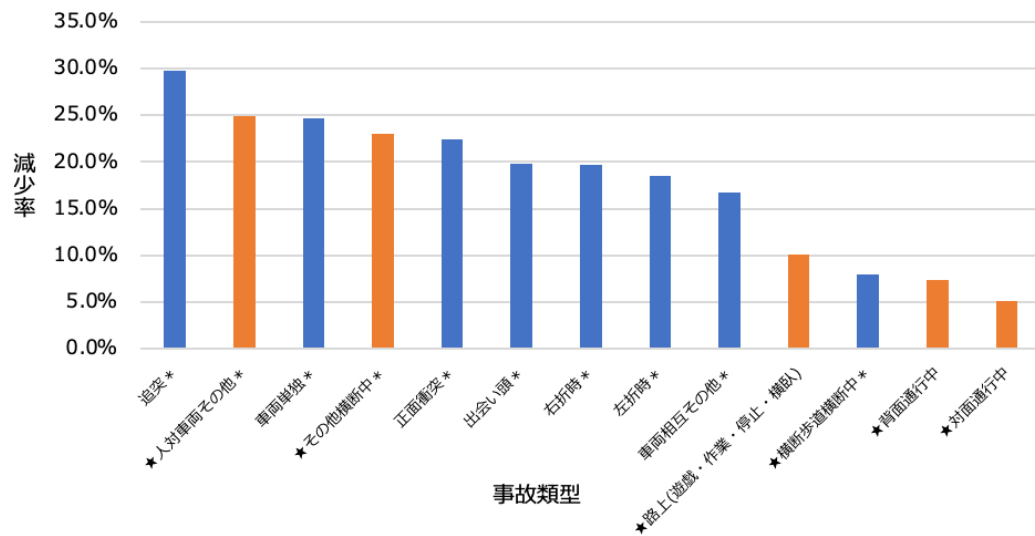


図 5：事故類型別事故数減少率
注：*印は 5 % 有意の係数から計算された数値

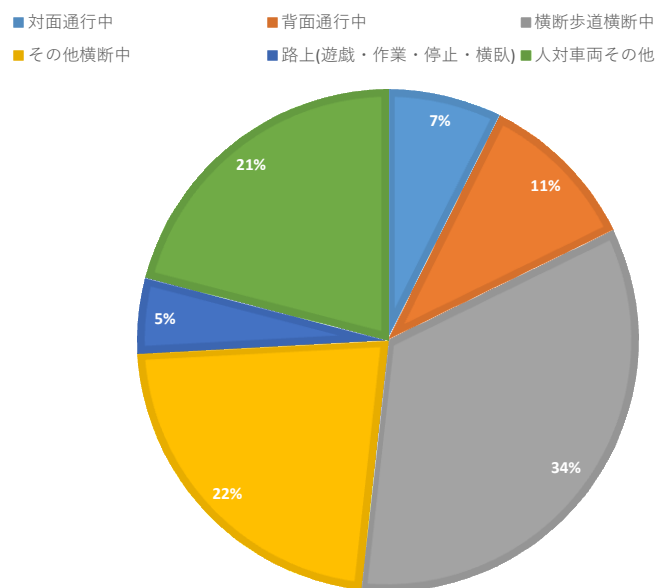


図 6：事故類型別事故件数割合

出所：公益社団法人交通事故総合分析センター (ITARDA) の交通事故集計ツールを利用して得たデータを利用して作成

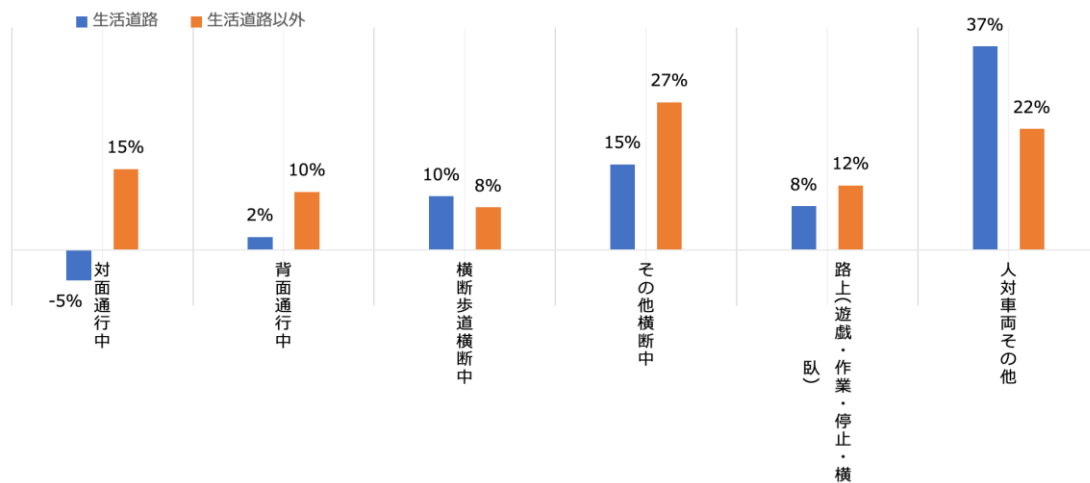


図 7: 事故類型別人対車両事故減少率 (生活道路/生活道路以外)

注: 5% 有意ではない計算された数値も含む。詳細は表 3 参照

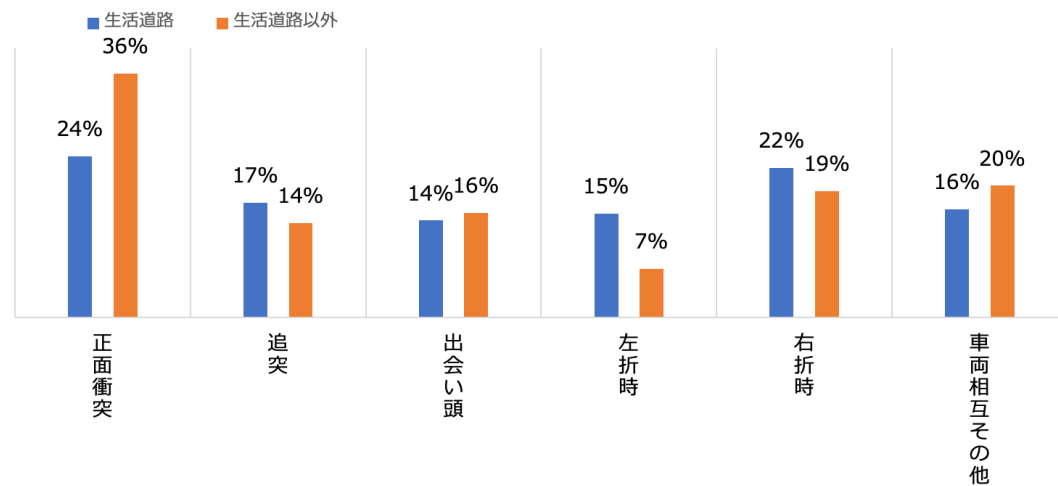


図 8: 事故類型別自転車車両相互事故減少率 (生活道路/生活道路以外)

注: 5% 有意ではない計算された数値も含む。詳細は表 3 参照

第 2 節 最適なシステムの比較検討

本節第 1 項では、車両メーカーによって開発されている、歩行者を対象とした安全運転支援システムを述べる。その上で、最適なシステムの決定のために、比較対象を DSRC (Dedicated Short-Range Communication)、Bluetooth、LTE、無線 LAN とし、それぞれの通信技術を技術面、実現にかかる時間などの観点から比較、分析する。

今回のシステムは歩行者の存在を車両に正確に通知できる必要があり、通信の信頼性が重要である。歩行者の存在を通信の問題によって車両に通知できなかった場合、歩行者の

安全は確保されない。よって、通信におけるデータ欠損や、通信帯域の圧迫などを考慮し、比較、分析する必要があると考える。

第1項 車両メーカーによる歩行者安全確保システム

本項では車両メーカーが研究、開発を行なっている歩行者安全確保のための技術に関して述べる。

日産自動車は 2008 年に神奈川県で安全運転支援システム開発のプロジェクトである「SKY(スカイ)プロジェクト」の一環として、歩行者携帯電話協調システムの実証実験を行った。実験では、モニタードライバー200名、歩行者500名が参加し、ドライバーに対する注意喚起によって運転行動が変化するか分析を行った。結果、71%のドライバーが減速行動をとった。しかしながら、この手法を活用させた場合、携帯電話回線の利用料金を誰が負担するかが課題になる。71%のドライバーが減速行動をとったということから、サービスにおける一定の効果は見られるが、ドライバーもしくは歩行者が費用負担を行うと仮定した場合、異なる意見や立場をもつ利用者が存在すると考える。

トヨタ自動車株式会社は ITS Connect による安全運転支援サービスを提供している。歩行者検知システムでは、路側機が発する電波を受信すると、ドライバーに音と表示で情報を提供する。情報を受け取るためには、ITS Connect オプション装備する必要があり、全ての車両に標準装備されているわけではない。また、歩行者情報を提供している交差点数は限られており、2023 年6月時点で大阪府に限ると4箇所のみである。本システムを全国に普及する場合、路側機の導入や、自治体の理解の推進など、かなりの時間がかかる。

第2項 DSRC(Dedicated Short-Range Communication)を用いた歩行者存在通知手法

DSRC とは、一方向または、双方向の無線通信技術の一つである。主に、車両の通信時に使用されており、身近なものでは ETC がある。ETC では車両に設置された、ETC 車載器と、有料道路の料金所に設置されている路側アンテナの双方向通信によって料金を徴収する仕組みになっている。将来的には、物流管理や駐車場での料金徴収など、幅広い利用方法が期待されている。歩行者情報を車両に通知する際に、DSRC を用いた場合の概要図を以下に示す。

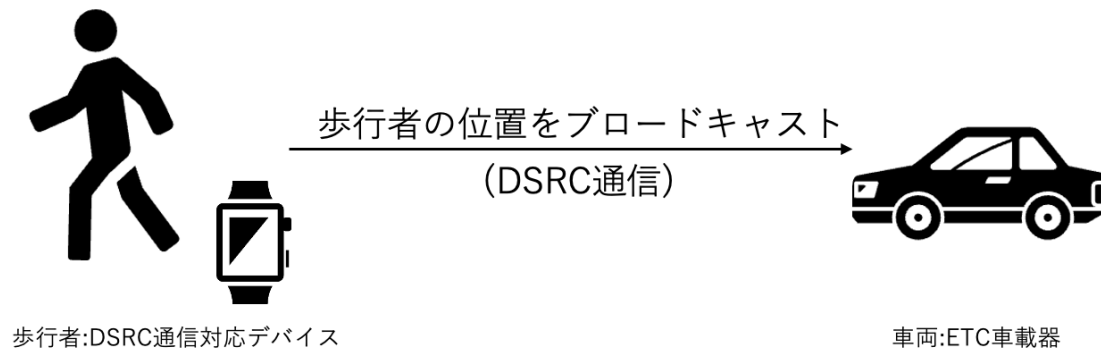


図 9:DSRC を用いた歩行者情報送信手法(筆者作成)

本手法では、歩行者は DSRC 通信対応のデバイス、車両は ETC 車載器が必要である。歩行者が保持するデバイスでは、DSRC モジュールが組み込まれた、時計、タグなどが考えられる。歩行者は自身の位置情報を車両に対してブロードキャスト¹⁶する。ブロードキャストされた電波を車両が認識することで、歩行者を認識できる。しかしながら、歩行者が所持する時計やタグなどのデバイスは、現在開発されていない。開発されていない原因として、DSRC モジュールのサイズ¹⁷が大きいことなどが考えられる。

通信を行う際の費用は、歩行者に必要なデバイスの費用が 2 万円と仮定する。車両側に必要な ETC 車載器の価格は 2 万円程度で販売されている。本システムで実現可能性を考えた場合、歩行者が所持するデバイスの開発期間の長期化や価格など様々な課題を考慮しなければならないと考える。

第 3 項 Bluetooth を利用した歩行者存在認識手法

Bluetooth 通信は、1999 年に登場したデバイスのワイヤレス通信の際に使用されている共通規格である。例えば、スマートフォンとイヤフォン、パソコンとマウス、キーボードの接続などで Bluetooth が利用されている。Bluetooth にはさまざまなバージョンがあり、バージョンの数字が大きいほど、通信速度などのパフォーマンスが向上する。また、バージョンだけでなく Bluetooth にはクラスも存在する。クラスは 1 から 3 まであり、クラス 1 の通信最大距離は 100[m]、クラス 2 では 10[m]、クラス 3 では 1 [m] である。

Bluetooth を利用した通知手法の前提条件として、歩行者はスマートフォンを保持している。スマートフォンにはさまざまな種類があるが、iPhone は日本で約 70[%]¹⁸のシェアを占めていることから、今回歩行者が所持するスマートフォンは iPhone とする。車両側は Bluetooth 接続が可能なナビゲーションシステムが必要である。現在のナビゲーションシ

¹⁶ 同時に複数の受信者に対して情報を送信すること

¹⁷ 村田製作所が開発した DSRC 通信モジュールの大きさは、38.5[mm]×37.5[mm]×8.5[mm]

¹⁸ 2016 年 12 月から 2022 年 12 月までの期間で OECD 加盟主要国を中心にアウンコンサルティングが抽出

システムにおける Bluetooth のバージョンは 5.0 がほとんどである。また、スマートフォンの Bluetooth バージョンも 5.0 がほとんどである。バージョン 5.0 の特徴として、省電力、高速データ転送が挙げられる。次にクラスであるが、iPhone の Bluetooth クラスは 2¹⁹ であり、最大通信距離は 10[m] である。ナビゲーションシステムの Bluetooth クラスであるが、デバイスの種類が多く、それぞれでクラスが異なり本稿では一意にクラスを指定できない。しかしながら iPhone のクラスが 2 であることから、ナビゲーションシステムの最大通信距離が 10[m] 以上であっても iPhone は認識できない。よってナビゲーションシステムの最大通信距離も本稿では 10[m] とする。

本システムの概要として、車両が歩行者を認識するために、ナビゲーションシステムを親機とし、iPhone を子機とする。ナビゲーションシステムは常にペアリングモードとし、歩行者の iPhone を探す。車両と歩行者の距離が 10[m] 以内になれば、ペアリングモード中のナビゲーションシステムは歩行者が所持する iPhone が認識でき、歩行者の存在をドライバーに音声で通知することが可能になる。概要図を以下に示す。

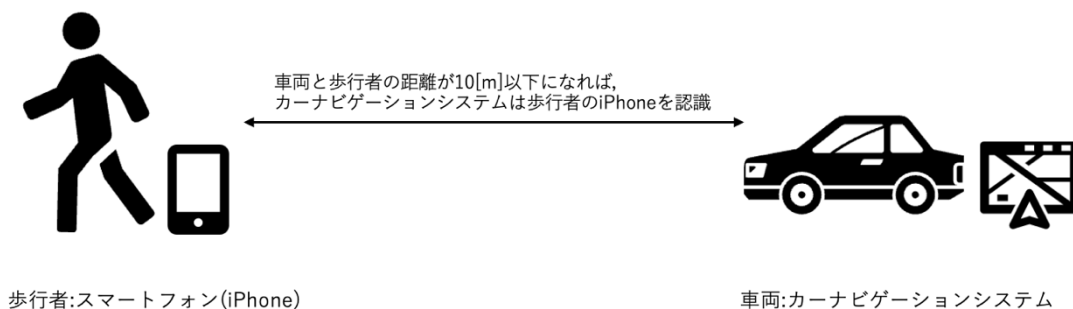


図 10: Bluetooth を利用した場合の概要図(筆者作成)

本システムでは、歩行者と車両の距離が 10[m] 以下になった場合に、車両が歩行者の所持する iPhone を認識するが、10[m] という距離は非常に短い。交差点に侵入する 10[m] 手前で歩行者を認識し、減速行動を取ると仮定すると、車両は減速のために急ブレーキをかけないといけない。急ブレーキは、後続車両からの追突など、危険が伴う。また、現在のナビゲーションシステムでは、1 台のスマートフォンと接続している場合に他のデバイスの接続をするためには、現在接続しているスマートフォンの接続を遮断してから、新しいデバイスと再接続しないといけない。よって、交差点付近に複数人の歩行者が存在する場合、ナビゲーションシステムの歩行者認識漏れが発生する可能性がある。歩行者認識漏れが起こった場合、ドライバーも他の歩行者を認識せずに運転行動を続けることにつながる。よって本システムは安全性の面で課題があると考ええる。

第 4 項 LTE 通信を用いた歩行者存在通知手法

LTE 通信は携帯電話の通話や、インターネット接続などに使用されている。現在では 4G に統合された LTE が普及している。スマートフォンで通話を行う際には、最寄りの基地局

¹⁹ Apple、iPhone ユーザガイド

や交換局を通して相手に音声伝わる。また、モバイルデータ通信では、通話と同じように基地局や交換局を介して最終的にサーバ経由でネットに接続される。

前提条件として、歩行者、ドライバー共にスマートフォンを保持する。スマートフォンを用いた通話やモバイルデータ通信の仕組みを利用し、歩行者は自身の位置をスマートフォンに内蔵されている GPS²⁰を用いて取得した上で、サーバに対して位置や速度を送信する。ドライバー側でも、自身の位置を GPS で取得した上で、サーバにその情報を送信する。サーバでは、歩行者、車両から送られてきた情報を収集し、歩行者と車両の距離が近い場合に、ドライバーのスマートフォンに対して歩行者の存在を通知する。以下に概要図を示す。

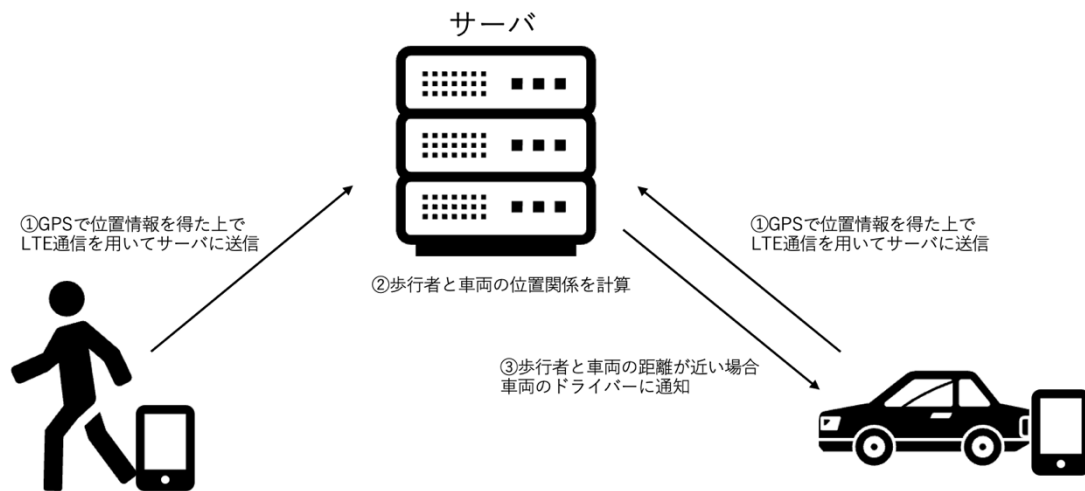


図 11:LTE 通信を用いた場合の歩行者情報送信手法(筆者作成)

本システムに必要なデバイスは、歩行者、ドライバーともにスマートフォンであるため、それぞれに費用は発生しない。中継の役割を果たす、サーバの構築費、維持費用、アプリケーション開発費用が必要である。本システムで重要なことは、歩行者や車両の位置情報の送信周期である。歩行者の事故を防ぐためにはリアルタイム性が求められ、サーバに対する情報送信周期は 100[ms]～1000[ms]が考えられる。このような周期で情報を送信すると仮定すると、必要な通信データ量が多くなる。このデータ量に対する回線使用料を誰が負担するのかを考えると、これまでも議論はあったが解決策は存在しない。実現までにかかる時間は、短く、技術面での課題は達成していると考えられるが、コストの面を考慮すると実現可能性が低いと考えられる。

第 5 項 無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法

第 3 項では歩行者、及びドライバーが、自身の位置情報をサーバに送信する際のデータ

²⁰ 衛星測位システム(Global Positioning System)のことであり、運用はアメリカ合衆国が行なっている。GPS 信号を GPS 受信機で受信することで位置情報を得ることができる。

量及び、回線使用料の負担が課題であった。その課題を解決するために、交差点に Wi-Fi 基地局を設置し、情報のやり取りをすることを考える。以下に概要図を示す。

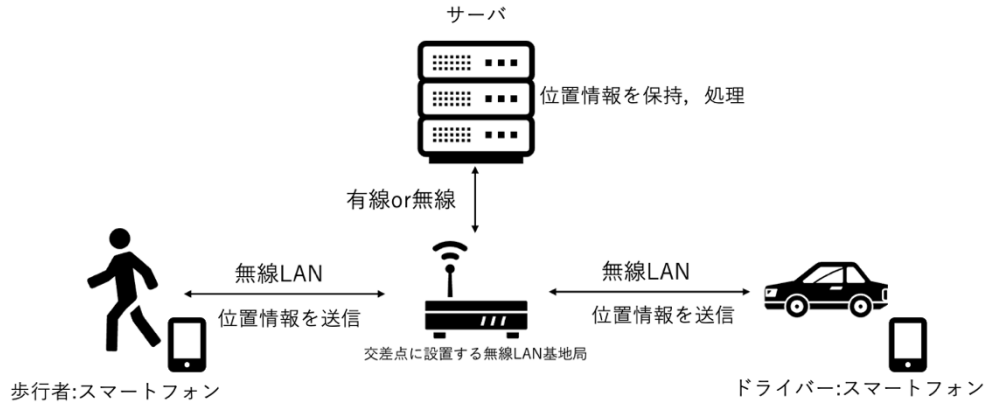


図 12: 無線 LAN を使用した歩行者情報送信手法(筆者作成)

前提条件として、歩行者、ドライバーともにスマートフォンを保持した上で専用のアプリケーションをインストールする。交差点に設置されている無線 LAN 基地局はそれぞれがカバーするエリアが決まっている。ある無線 LAN 基地局がカバーするエリアに車両が入った場合、車両は今後の経路を基地局に送信する。その後基地局は車両のデータをサーバに送信し、サーバはそのデータを保持する。同じように、歩行者も無線 LAN 基地局がカバーするエリアに入った場合、自動的に位置情報が無線 LAN 基地局を通してサーバに送信される。車両は、基地局に対して、基地局の通信範囲内で今後利用する交差点における歩行者の存在情報を取得することができ、歩行者が存在する場合、アプリケーションからドライバーに対して通知を行う。歩行者及びドライバーの位置情報の管理の流れを以下に示す。

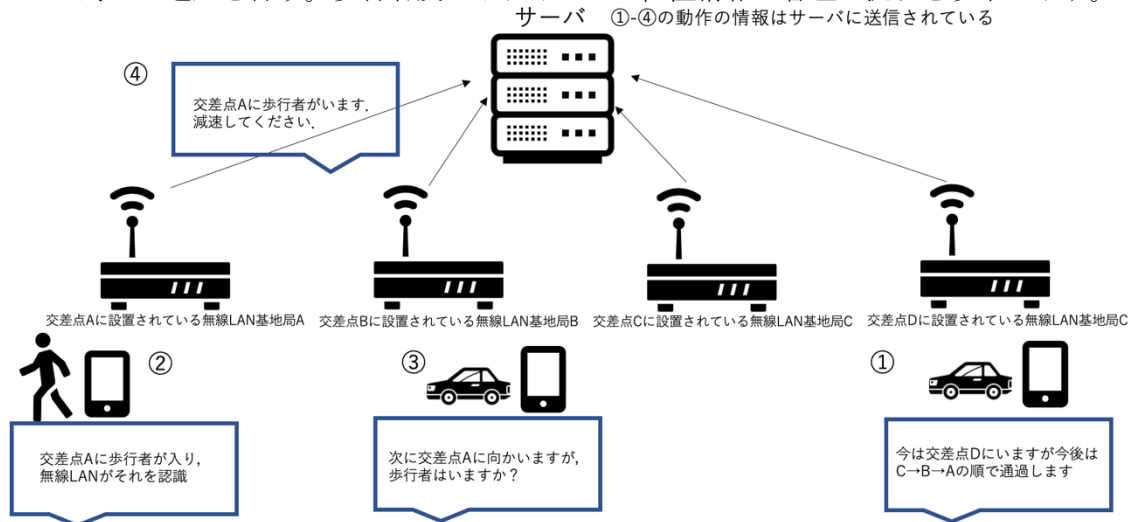


図 13: 無線 LAN を使用した手法の詳細図(筆者作成)

本システムでは LTE 通信を行わず、無線 LAN を用いて通信を行っている。そのため、利用者が携帯電話事業者に支払う回線使用料は発生しない。無線 LAN の使用料は基地局を設置するメーカーが負担する。そのため、高頻度での基地局との通信も可能になり、歩行者の安全性が確保されることになると考える。費用としては、サーバ構築、基地局設置、アプリケーション開発、維持費などが考えられる。また、サーバや基地局はすでに開発されているものが使用可能であるため、実現までの時間は短時間であると考えられる。

第 6 項 システム比較検討のまとめ

前項まで、様々な通信手段による、歩行者情報送信手法を実現可能性や、技術、費用の面から比較、分析した。それぞれのまとめを以下に示す。

表 4: 技術比較まとめ

システム名	技術特徴	コスト	実現可能性
DSRC	ETCで使われており、短距離の通信に最適	車両側デバイスは、2万円程度 歩行者が所持するデバイスも2万円と仮定	歩行者側デバイスの開発が必要なため、時間がかかる
Bluetooth	カーナビゲーションシステムにも導入されており、デバイス開発も必要ない	スマートフォンと、ナビゲーションシステムで対応可能なため、費用負担は小さい	通信距離が短く、安全性に課題がある
LTE	歩行者、ドライバーともに自身のスマートフォンで対応可能	通信料金の負担が歩行者、ドライバーともに発生	費用の面で課題が残る
無線LAN	無線LANを使用し、サーバで歩行者の位置などを管理	無線LAN設置やサーバ構築、アプリケーション開発費用など(歩行者、ドライバー負担なし)	時間はかかるが、技術、コスト面で安定

(筆者作成)

分析を行った結果および表 4 より、第 5 項で示した、無線 LAN を使用した歩行者情報送信手法を本稿の提案システムとする。

また、本稿における提案システムを活用する上で、歩行者の安全が確保されるだけでなくさまざまな効果が期待できると考える。期待できる効果を以下に示す。

(1) 高齢者の見守りへの活用

高齢者が所有するスマートフォンにも本項で示したアプリケーションをインストールすることで、高齢者の位置確認に活用することが可能である。第 1 章第 1 節第 4 項で示したように、国土交通省が示した、第 11 次交通安全基本計画では、ICT を活用した、高齢者の安全確保が提言されている。少子高齢化時代で、高齢者の人口が多くなっている中、本稿

で提案するシステムを活用することで、更なる安全が確保されることが期待される。

(2) zone30 の整備

本システムの普及により、更なる zone30 の整備が見込まれる。本システムを活用すると、歩行者や車両のデータがサーバで処理される。データを分析することで交通量が多い交差点や、歩行者が多い交差点などのデータがわかることから、zone30 の効果的な設置が可能になる。zone30 の設定と、本稿のシステムの活用により歩行者にとって安全で安心な道路環境の構築が可能になる。

第4章 政策提言

生活道路における子どもの事故を削減するために、本稿では無線 LAN を利用した歩行者情報送信手法を活用することを第3章3節で示した。本システムの実現のために、交差点への無線 LAN 基地局の設置、アプリケーション開発、サーバ構築が必要である。

本章の第1節では、費用便益分析を行い、行政を主体としたシステム普及の効果を分析する。また、第2節では提案するシステムを普及させる際の行政の取り組み方及び外部セクターの役割や効果に関して考案する。

第1節 政策提言の方向性

本稿における到達目標は、生活道路における子供の事故を未然に防ぐことである。その為に、最先端の技術を効果的に導入する方法を検討する必要がある。すなわち、前章で述べた、無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法の自治体での導入を提言したい。

本章の第2節では、費用便益分析を行い、行政が主体となってシステムを導入することの妥当性と、システム普及の効果を分析する。本章の第3節では、システム導入や、デバイス普及に際しての課題及び解決方法を検討し導入方法を提案する。

第2節 費用便益分析

本節では費用便益分析を行い、行政が主体となって、本稿で提案するシステムの普及に努めることの妥当性を証明する。もちろん、本稿におけるシステムは、無線 LAN 基地局を設置するメーカーや、アプリケーションを開発するベンダーが主体となって導入することも可能である。この場合は、車、歩行者の双方から料金を徴収することになる。しかし、このシステムがどれだけ効果を発揮するかは目下のところ未知数である。また後述するように、導入には多くのステークホルダーの参加が必要になる。さらに、料金を支払うかどうかで、子供の歩行の安全性に差が出ることにも倫理上の問題がある。これらを考えると、まずは、自治体が主導して、このシステムを導入することが適切であると考え。しかし

ながら、公共財として整備を進めるためには、このシステムを普及させることで、正の社会的余剰が生まれる必要がある。これを確認するために、次節で、費用便益分析を行う。

第1項 費用便益分析の概要

ここでは、本システムを実装した場合の便益と、実装することで生じる社会的費用を比較し、本システム導入が社会的に望ましいのかを評価する。今回、このシステムを導入した場合の費用便益分析は、全国のゾーン30内で計算を行った。

その理由としては、ゾーン30は、今回対象としている子供が多く集まっている場所であり、かつ交通整備に関して住民との社会的合意がとられているため、システムの初期実装場所として適していると予想したからである。便益計算において、対象は子供だけでなく全年齢に広げている。その理由として、本システムは全ての人に便益をもたらすと考えられる事が出来るからである。なお、ここでは費用便益の計算にとどめ、費用便益の最終的な評価は、第3節第4項に記載する。

またこのシステムを導入するにあたり、ゾーン30内で必要な機器はサーバが1つ、無線LAN基地局が交差点の数量分の導入が考えられる。

第2項 便益概算

本稿では、「令和4年度交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書」（内閣府政策統括官、2023）の被害者一名当たりの交通事故による損失額を利用する。金銭的損失と非金銭的損失の慰謝料分控除していない損失額は、死亡569,299[千円]、重症111,257[千円]、軽傷2,630[千円]となっている。また、表5、6では、ITRADAの交通事故集計ツールを利用して、全国の生活道路かつゾーン30設置エリアにおける人対車両事故（1当が四輪と自転車・2当が子供）と車両相互事故（1当が4輪・2当が子供の自転車）の2021年と2022年の平均死傷者数を求めた。死亡人数は平均で0.5[人]、重症者数は平均6.5[人]、軽傷者数は平均で129.5[人]となった。仮にこのシステムによって全事故が防ぐことができ死傷者数がゼロになると仮定した場合の便益は、死亡・重症・軽傷の各人数と各損失をかけ77[億円]となる。

そして、表7、8はITRADAの交通事故集計ツールを利用して全国の生活道路かつゾーン30設置エリアにおける人対車両事故（1当が四輪と自転車：全年齢）と車両相互事故（2当が自転車：全年齢）の2021年と2022年の平均死傷者数を求めた。死亡人数は合計で1.5[人]、重症者数は合計55[人]、軽傷者数は合計677.5[人]となった（表7、8参照）。子供の事故と同様に計算した結果、便益は500[億円]となる。

表5：2021、2022における子供(0~15)人対車両事故(生活道路、ゾーン30エリア)

	2021	2022	平均
死亡	0	1	0.5
重傷	4	2	3
軽傷	46	47	46.5

出所: ITARDA の交通事故集計ツールを利用して得たデータを利用して作成（以下同様）

表 6： 2021、2022 における子供(0~15)車両相互事故(生活道路、ゾーン 30 エリア)

	2021	2022	平均
死亡	0	0	0
重症	5	2	3.5
軽症	85	81	83

表 7： 2021、2022 における全年齢人対車両事故(生活道路、ゾーン 30 エリア)

	2021	2022	平均
死亡	1	1	1
重症	23	25	24
軽症	219	221	220

表 8： 2021、2022 における全年齢車両相互事故(四輪車対自転車)(生活道路、ゾーン 30 エリア)

	2021	2022	平均
死亡	1	0	0.5
重症	30	32	31
軽症	474	441	457.5

これにより、2 当が子供に限ると t 年間の便益の総計は次式で表せる。

$$\sum_{t=0}^5 \frac{13.5}{(1+r)^t} \quad (1)$$

ここで r とは社会的割引率を示しており、本稿では 2 [%] と仮定した（国土交通省, 2023）。また、基地局などの耐用年数を 6 年とし 6 年間の便益の総額を求めると、総便益は 77 [億円] となる。一方、2 当が全年齢として同様の計算をすると、総便益は 500 [億円] となる。

第 3 項 費用概算

(1) 費用計算方法の概要

今回使用するシステムには以下の表 X で示す 4 つの要素が存在する。

表 9: システム要素図

システムの要素	初期費用	運用費用
サーバー	アプリケーション開発費用	サーバー利用料
無線LAN基地局	基地局機器費用 取付費用 事前調査費用	基地局機器保守費 固定通信費
歩行者用デバイス（スマートフォン）	購入費用	通信費
車載器（スマートフォン）	購入費用	通信費

（出所：同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター嘱託研究員 渡辺と筆者が共同して作成）

必要になってくる費用として考えられるのは、アプリケーション開発費用、無線 LAN 基地局設置費用、そして歩行者用デバイスと車載器（今回の場合は両者ともスマートフォンを使用する）である。そしてこのそれぞれの項目は、初期費用と運用費用に分け計算することが出来るため、それぞれ初期費用と運用費用に分け、計算を行う。また費用概算に関しては以下の式で求める。

$$\text{費用（コスト概算）} = \text{単価} \times \text{数量}$$

(2) 分析の前提

本稿の分析において、費用計算を行うにあたり以下の前提を設ける。
今回使用する計算式、費用＝単価×数量において、それぞれの項目は以下のような考え方で設定し、表 9 の通りとした。なお、これら情報は情報システムの専門家にインタビューを実施し入手した。

全国のゾーン 30 の無線 LAN 基地局の数

費用算出にあたって、数量を求めるため、兵庫県警と神奈川県警、警視庁のゾーン 30 の規制面積のデータをもとに平均を求めた²¹。ここから規制面積はおおよそ 18[ha]であることを求めた²²。また、ゾーン 30 内の学校数から通う子供の人数の平均は 700[人]であると分かる。これらの数値は、主にゾーン 30 規制面積や地図を公表している兵庫県警、横浜市、警視庁のデータを参考にした。また交差点に無線 LAN 基地局を置くことから、図 14 のようなモデルを考えて、無線 LAN を設置するための交差点数を推計した。

²¹ 以下のゾーン 30 の地域を参考にした。（神戸市東灘区住吉東町 2 丁目、神戸市東灘区御影中町 1 丁目、豊中市道 東豊中町第 146 号線、横浜市港北区日吉本町 1 丁目、綱島西 2 丁目、綱島西 3 丁目、大豆戸町北側、大倉山 4 丁目）

²² 警視庁「ゾーン 30 整備区域」や兵庫県警察「ゾーン 30」などから分析を行った。

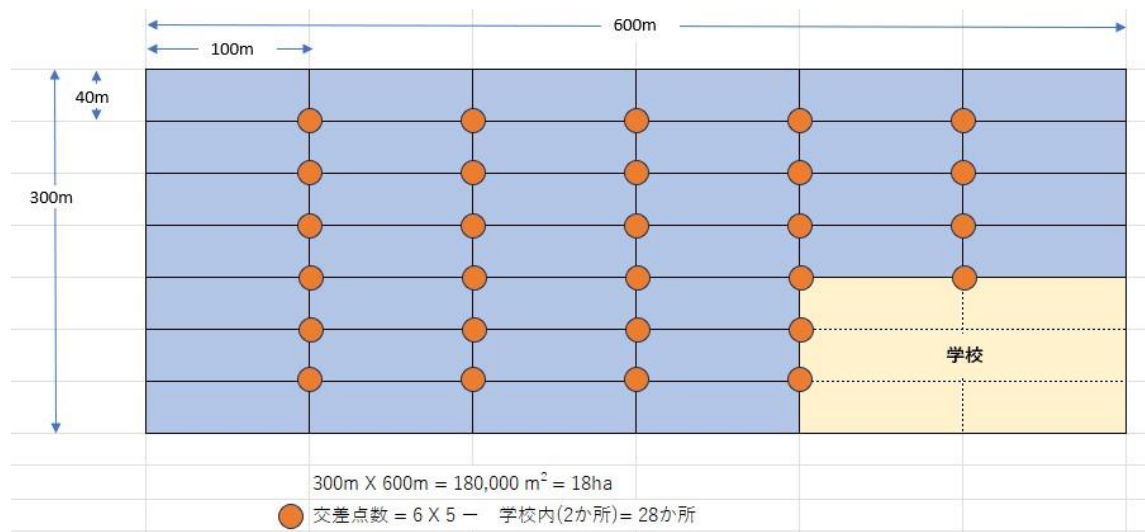


図 14: 無線 LAN 基地局を置く交差点の数量

(出所：同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター嘱託研究員 渡辺と筆者が共同して作成)

ゾーン 30 の平均規制面積である 18[ha]を住宅の区画面積で割り、モデル地域内の交差点数が 28[箇所]であると推計した。この時に参考にした住宅区画面積は、家の幅が 10[m]、奥行きが 17~20[m]の家が 2 列 10 軒ならんで 40[m]×100[m]であると仮定している²³。本稿では、これに全国のゾーン 30 の数を掛け合わせ、全国のゾーン 30 内の交差点数が 112,868[箇所]であると置いた。しかしゾーン 30 の全ての交差点に取り付けを行うのではなく、危険個所に優先的に設置することを考えた。そのため事前調査を行い、全交差点の中でも特に危険な半数に付ける想定を行う。そのため、全交差点数の半数である 56,434[箇所]を交差点数として用いる。

(3) 初期費用算出

初期費用は次の表 10 のように概算される。

表 10: 初期費用に関わるコスト

項目	単価 (万円/個)	数量	コスト概算 (億円)
アプリケーション開発費	1,000	1	0.1
無線LAN基地局費用			
基地局機器費用	10.0	56,434	56.434
取付工事費用	2.0	56,434	11.1
事前調査費用	71.7	4,031	28.9
歩行者用デバイス購入費用	0	2,821,700	0
車載器デバイス購入費用	0	82,175,000	0
合計)			96.5

(出所：同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター嘱託研究員 渡辺と筆者が共同して作成)

²³ 国土交通省 土地・水資源局「ゆとりある宅地のあり方について」

初期費用は、アプリケーション開発費用、無線 LAN 基地局設置費用、歩行者デバイス費用、車載器デバイス費用の 4 つに分類し算出する。

アプリケーション開発費用単価 1,000[万円]は、総務省がまとめた地方自治体での DX 化におけるアプリケーション開発事例を参考にした²⁴。その必要数は、全国で 1 つなので、数量は 1 である。

無線 LAN 基地局費用は、基地局機器費用と取付工事費用に分別することができる。基地局装置の単価である 10[万円]は、「屋外設置可能な機器」あるいは「耐環境性能のある機器」の価格を参考に設定することが必要であると考え、「屋外設置用”+Wi-Fi、あるいは”耐環境性能”+Wi-Fi で検索した機器の中で価格の高いものを選んだ²⁵。また、取付工事費用単価は、情報通信業の平均給与（年俸＋ボーナス）を就業時間を割り、機器 1 台あたり設置に 1 [時間]かかるとして人材費を計算し、2 [万円]を算出した。この機器と取付工事の数量は、56,434 である。この情報通信業給与に関しては、厚生労働省労働統計要覧 から取得した²⁶。

また全交差点の内、半分の取り付け場所の決定にあたり、住民へのヒアリングなどの事前調査が行われる。事前調査費用では、モデル地区の子供の 10[%]にヒアリングしたと仮定した場合の費用を概算する。この場合、700[人]の子供がいる地区の 10[%]に、ヒアリング用担当者 2 名が約 1 時間のヒアリング時間を使い、事前調査を行うと仮定する。そこで人時＝ヒアリングを行った数×ヒアリングを行った担当者の人数＋その他作業時間、で計算を行う。そして、取付工事費用と同様に、厚生労働省労働統計要覧 からサービス業（年給＋ボーナス）から、就業時間を割り、人材費の計算式を行い、その単価が 71.7 億円である。そして数量は、4,031 で全国のゾーン 30 の数²⁷である。

歩行者デバイスでは、今回スマホアプリケーションを使用するため単価を 0 とおく。数量はゾーン 30 内の子供の数と全国のゾーン 30 の地域をかけた物を置いた。車載器デバイスも同様にアプリケーションを使用するため単価は 0 と置く。数量は全国の自動車保有台数を置いた。上記の計算の結果、初期費用では 96.5[億円]の費用がかかる。

(3) 運用費用

運用費用では、毎月かかるお金として、固定通信費、保守費（無線 LAN 機器）アプリケーションを使用するためのサーバ利用費が考えられる。固定通信費では、1 箇所の機器に月 5[千円]の通信費が、12 か月かかる事を想定し、単価は 6[万円]と置く。保守運用に要する費用は、初期費用の 10[%]を毎年保守費として使用する計算を行っている。数量は、基地局数である 56,434 と置く。サーバ利用料は、1 年間に 1,200[万円]かかる想定した。数量は 1[台]である。ここから、運用費用のコスト概算は 1 年間で 40.7[億円]と求められる。

²⁴ 総務省(2022)「地域社会のデジタル化にかかる参考と例集」

²⁵ 参考にした商品:BUFFALO 社 WAPM-1266WDPRA

²⁶ 厚生労働省「労働統計要覧：賃金」, 厚生労働省「労働統計要覧：労働時間」

²⁷ 警視庁 (2022) 「ゾーン 30 の概要」

表 11:運用費用

項目	単価(万円/年/個)	数量	コスト概算(億円/年)
固定通信費	6.0	56,434	33.9
保守費	1.2	56,434	6.8
サーバー利用	1,200	1	0.12
合計)			40.7

(出所：同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター嘱託研究員 渡辺と筆者が共同して作成)

次に社会的割引率を考慮して総コストを次式で計算する。

$$\sum_{t=0}^5 \frac{\text{運用費用}}{(1+r)^t}$$

ここで r とは便益と同様に社会的割引率を示しており、費用と同じ 2[%]をした。また、基地局などの耐用年数を 6[年]とした。この結果、6 年間にかかる総費用は 232[億円]となる。これに、初期費用と足し合わせた 329[億円]が総コストになる。

第 4 項 分析結果

今回提案する、無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法を導入した場合、子供（0 歳～15 歳）に限定した場合の便益が 77[億円]である。この場合では、便益が費用の 329[億円]を上回ることではない。しかし、今回のシステムは全年齢層が利用できる。全年齢層の全事故が回避可能と仮定すると、便益は 500[億円]となり、便益は費用を上回る。

以上の比較は、このシステムによって全事故が回避できることを前提とした場合のものであり、実際のところ非現実的と言わざるを得ない。便益計算に計上されていない便益としては交通事故加害者の非金銭的損失回避便益が挙げられる。被害者一人あたりのこの便益の大きさは被害者の非金銭的損失とほぼ同程度という推計がある（Miyoshi et al., 2023）。また、内閣府政策統括官（2023）によれば、被害者の非金銭的損失は、交通事故による経済的損失の 7 割程度を占める。このことから、加害者の非金銭的損失回避便益を便益に含めれば便益総額は単純計算で 7 割程度大きくなることになるが、この場合でも、事故回避率が 38%を下回れば、便益の総額は費用総額を下回る。

このように費用便益の観点からこのシステムを全国的に導入することを高い蓋然性をもって支持することはできない。したがって、当面は、事故多発地点などから順次導入し効果を確認しながら導入を拡大することが、費用便益の観点からは妥当と考える。

第 3 節 政策提言-最新技術を社会実装する為に

上記 2 節より、本システムを全国の生活道路に導入した場合の費用便益分析を用いることで、政策の効果が示せた。本節では、実際にシステムを普及させる際の行政の取り組み方や、取り組みのプロセスを提案する。目指すべきは、システムと社会をつなぐ役割を行

政が担い、様々なセクターの力を組み合わせることで、交通事故を減らし、人々が安全で安心できる街を創ることである。私達は、生活道路における子供の事故を減らすためにこのシステムの導入が必要だと確信している。しかし、費用便益分析の結果によると、導入の対象者が子供だけでは便益が不足する。一方で、全年代に対象を広げると十分な便益を得ることができることが分かる。

そのため、我々は全年齢での導入を目指す。このシステムが便益をもたらすことで初めて子供を救うことができる。また全年代にとっても頼もしいシステムである。

このシステムは、スマートフォンが必要不可欠である。現代社会では、大人は常にスマートフォンを所持している事が多いが、子供は学校の規則・家庭の事情などから大人と同様に利用することが難しい場合がある。例えば登下校時など、子どもだけで活動する時間にスマートフォンを所持していない。

その為、今回の政策提言では、子どもにアプリを普及する施策に焦点を当て、提案を行う。

・提言内容

急速に進化する技術の導入をする為には、環境が整っていないなければならない。でなければ、どんな良い技術でもその便益を十分に享受することは困難である。しかしながら、ネットワーク技術を使ったプラットフォームは、ステークホルダーが多く、行政が独力で取り入れることは難しい。この背後には、技術に対する行政の理解が追いつかないほど、技術が発展し、複雑化していると考えられる。

本稿で提案する無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法の普及に関しても、行政の独力で普及させることは困難であると考ええる。このシステムを社会実装するためには、どのような取り組みが必要か検討する。上記で述べた通り、行政独力では解決できない課題に対して、民間企業や教育機関など、行政外のステークホルダーからノウハウを取り入れる必要がある。本稿におけるシステムを導入するためには、アプリケーション開発や、無線 LAN 基地局の設置など、行政だけではできない取り組みが必要である。そこで、大阪府公民戦略連携デスク（2024）「大阪府公民連携ガイドライン」を参考に、行政が住民や企業等のステークホルダーと関係を築きながら事業を進めていく上での 5 つの点を抽出し、それぞれの点から、本稿のシステム普及させていくうえでのポイントを具体的に示す。

(1) 行政主導のネットワーク構築

行政が中心的な役割を果たし、社会課題の解決に向けて行政を真ん中に置いたネットワークを形成。企業や教育機関など外部セクターが、行政と共に、社会課題解決に積極的に参加できる環境を整える。

(2) 知識、リソースの共有

外部セクターが、所有する専門知識を提供し、行政と外部セクターが相互に利益をもたらすパートナーシップの構築を目指す。

(3) コミュニケーション強化

行政は、外部セクターとコミュニケーションを図る機会を積極的に提供することにより、外部セクターが取り組みたい課題があった際、すぐに相談できる環境を作ること、行政と外部セクターが相互に考えていることが分かる状態を目指す。これにより、取り組みたい

課題が出来た際、迅速にコミュニケーションが取れる。

(4) 共同の街づくり

企業のみ、行政のみで政策の普及を考えるのではなく、行政や企業が互いに協力し合い、その効果を市民に提供することによって共同で街を創る。これにより、活発な街づくりが可能になる。

(5) システム普及エリアの拡大

自治体が担い手となって、中核都市で実証実験を行い効果検証する。検証を行い、課題点があれば改善し、良いシステムへ改良する。

上記5点を踏まえ、行政が担い手となり、多種多様な民間セクターを加えた、行政中心のネットワークを構築することで、安心安全な社会を社会全体で創ることが出来る。

以上を踏まえて、上記(1)から(5)の点に準拠して、本稿のシステム普及させていくうえでのポイントを具体的に示す。

まず、(1)行政中心のネットワーク構築および、(2)知識、リソースの共有という点では、危険箇所を見つけ出し、無線 LAN 基地局を優先的に設置する場所を決めるために、子供・保護者・生活道路で活動する事業者（宅配業社・郵便局・新聞業者など）の話し合いの場を作る必要がある。例えば、子供であれば毎日の登下校に同じ道を通る。その際に危険な経験や、車の量などを認知できるため、子供自身が危険な箇所を知っている。また、宅配業者や郵便局、新聞業者においても特定の時間に同じ道路を使用することが多いことから、危険箇所や通行量などを認知している。それぞれの情報を共有することで、効果的に無線 LAN 基地局を設置することができ、安全な道路環境の構築までの時間が短縮できると考える。

次に、(3)コミュニケーション強化という点では、定期的に危険箇所を共有する会議を開き、危険箇所のアップデートを行う必要がある。また、本稿におけるシステムにはアプリケーションのインストールが必要である。より多くの子供にアプリケーションをインストールしてもらうため、小学校の入学式でのシステムの説明を行うことが有効である。また、街の掲示板や商業施設など、子どもや保護者、ドライバーのすぐ目に留まる場所で広報を行うことで、アプリの存在を周知するのも効果的と思える。さらに、本システムを活用するためには子供が登下校時にスマートフォンを所持している必要がある。そのため、学校に対してスマートフォン所持の許可とアプリケーションの広報の協力を依頼する。

(4) 共同のまちづくりにおいては、交通安全週間や、各学校で定期的に開催される交通安全教室において、アプリケーションの普及や危険箇所の共有などを広報し、更なる利用人数の拡大に努める。加えて、危険箇所の提供などで、本システムの普及に協力した企業を市民に発信することで、企業の広報やイメージアップに繋げ、協力企業に対して非金銭的な報酬を支払う。

(5) システム普及の拡大については、実証実験地域において、本システムの効果が現れた場合、同様の方法で他の地域に普及させることが考えられる。ただし、一斉に全国に向けて普及を促すのではなく、事故が多いところから始め、それぞれの地域でおきた課題を解決しその知見を共有しながら、多くの地域に展開していくべきである。

以上を図にしたものを以下に示す。

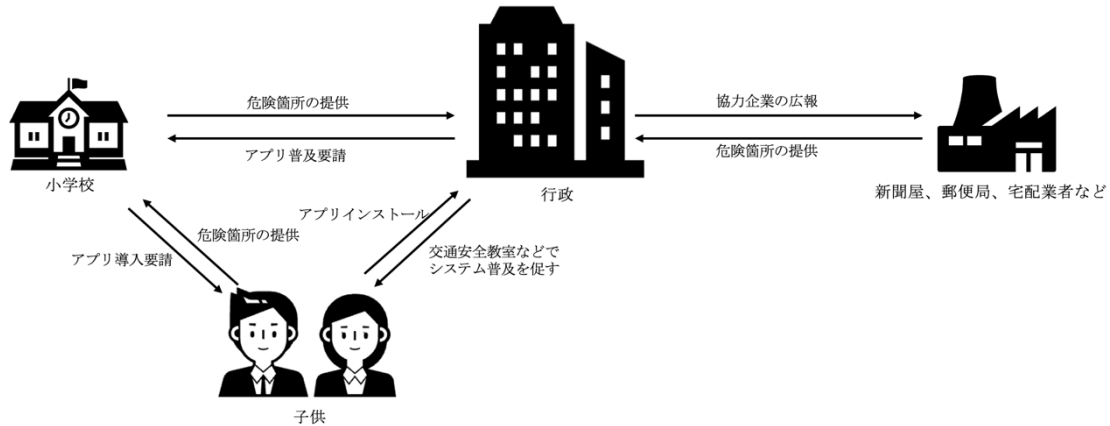


図 15: 行政、外部セクターおよび市民のネットワーク図(筆者作成)

・期待される効果

システムが普及することで、子どもの予測不可能な動きを把握できる為、交通事故は減る。ドライバー側にとっても、加害者となる精神的苦痛を回避できるという効果もある。また、本稿において、最新技術を社会に実装させる環境や整備を整えることで、行政が他のネットワーク技術を普及させる必要が生じたときの1つ雛形となる。

民間企業側のメリットとしては、大阪府公民連携デスクによれば、次の様に、4点が挙げられる。

- (1) CSR（企業の社会的責任）・CSV（共通価値の創造）の取り組みの一環になる
 - (2) 社会的信用を得られる
 - (3) 企業の価値が向上する
 - (4) 新たなビジネス機会を得られると考える。
- また、この他2点が挙げられると考える。
- (1) 他企業との接点を持てる機会を得られる
 - (2) 取り組んできたことの実証ができ、社会に還元できる

行政側のメリットとして、大阪府公民連携デスクによれば、次の様に、2点が挙げられる。

- (1) 地域のイメージが向上する
- (2) 地域のサービスが向上する

また、この他2点が挙げられると考える。

- (3) 横断的な知識により、行政だけでは出来ない進んだ取り組みや、大きなプロジェクトが

出来る

(4)多種多様なステークホルダーが繋がりをもち、協力し合うことで活発な街づくりが出来る

(5)多額の人件費がかかる事前調査費をコストカットすることが出来る

・実現可能性

1. 本稿で提案するシステムを社会に実装した場合の実現可能性

本項で提案する、無線 LAN を用いた歩行者情報送信手法を活用した場合、zone30 において 100%の人体車両事故を防ぐことは不可能である。例えば、雨の日や夜間、歩行者の人数など、さまざまな道路環境によってシステムが正確に動作する確率が左右されることなどが考えられる。この課題を解決するために、実証実験などを踏まえて、どのような状況において、歩行者の情報を車両に対して通達ができていないのか、歩行者の情報を無線 LAN が認識できていないかなどを分析し、システムの改良を行う。また、無線 LAN 基地局の効果的な設置においても、危険箇所の認識漏れなどが発生することが考えられる。よって、提言内容で述べたように、小学生や地域の企業の方から定期的に危険箇所を提供してもらうことで、さらに歩行者の安全性が確保されることを目指す。

2. 最新技術を社会に実証するための環境や制度を整える場合の実現可能性

現在、大阪府は、「行財政政策改革推進プラン（案）」（大阪府）において、公民連携を強化することを明記し、「公民戦略連携デスク」を設置している。公民戦略連携デスクでは、外部セクターと行政が手を組むことで、様々な社会問題の解決に取り組んでいる。また、2023年3月時点で297の企業と連携している。その為、今後さらに行政と外部セクターの連携が加速することが考えられる。

よって、本システムにおける導入を考えた場合、行政と、教育機関や、街の企業とのネットワーク構築も可能であると考ええる。

第4節 政策提言のまとめ

生活道路において、子供の事故削減の為、子どもの予測不可能な動きを把握するには、無線 LAN を用いた歩行者存在通知手法の導入が必要であると考えた。しかし、最先端の技術を社会実装するためには、環境や制度の整備が不可欠である。急速に進化する技術を導入するために、行政独力で取り組むには限界がある為、民間企業や教育機関など、外部セクターと共同していく必要がある。また、生活道路で子供の事故が頻発し、人対車両事故では8割弱が歩行者に過失がないという現状から、加害者だけでなく、被害者自身も、アプリを入れることで、安全な環境を築くことへ参加する必要がある。様々なセクターが手

を取り合い、各々がもつノウハウを持ち寄れる環境整備を進めるために、行政が主導し、行政を中心にしたネットワークを構築する必要がある。これにより、自分たちの町の安全を共同で築くことが可能となり、さらに活発な街づくりを実現することができる。

本節では、歩行者の情報を車両に対して送信するシステムを普及させるための行政や、外部セクターの取り組み及びプロセスを示した。今回は、道路環境におけるシステムの普及プロセスを示したが、「進化する技術やシステム」と「社会」を繋ぐ為の環境や制度が整備されれば、他のシステムを社会実装する際にも活用できるはずである。すなわち、第3節で述べた事柄は汎用性があり、様々な事象において対応可能である。発達していく技術を社会に実装し、その恩恵を受けるには環境や制度の整備が必要である。

参考文献

- ・大西宏樹, 藤生慎 (2021) 「交通事故統計データを利用した子供の歩行中事故要因に関する基礎的分析」『AI・データサイエンス論文集』2 巻, J2 号, pp. 850-853
- ・近藤直弥(2019)「衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の世代別効果分析」『令和元年 第22回 交通事故・調査分析研究発表会』
(https://www.itarda.or.jp/presentation/22/show_lecture_file.pdf?lecture_id=125&type=file_jp) 2023/10/15 データ取得
- ・下野嘉子(2010) 「R を用いた一般化線形モデル(回帰係数編) : カウントデータを例に」『雑草研究』第 55 巻 4 号、J. Weed.Sci.Tech, pp. 287-294
- ・宮崎萌、森本章倫 (2016) 「通学路で発生した子供の交通事故に関する実証的研究」『公益社団法人日本都市学会』都市計画論文集 Vol. 51, No. 3, pp. 650-653
- ・吉井稔雄, 川本透, 白柳洋俊, 坪田隆宏 (2022) 「見通しを考慮した生活道路交差点における交通事故リスク要因分析」『土木学会論文集』 Vol. 77, No. 5, pp. 1-3
- ・Hiroaki Miyoshi, Satoshi Taguchi, Tatsushi Yamamoto, Shoji Watanabe(2023), Non-Financial Losses Incurred by a Traffic Accident Perpetrator, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 21, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1007/s13177-022-00329-x>
- ・ World Health Organization(2008), “*World report on child injury prevention*” pp. 20-21

- ・大阪府「公民連携デスクによろこそ！」
(<https://www.pref.osaka.lg.jp/gyokaku/kohmin/>)、2023/10/25データ取得
- ・大阪府公民戦略連携デスク「大阪府公民連携ガイドライン」
<https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/25106/00455434/GuidelineR5.4.pdf>
- ・大阪府警察「生活道路対策の必要性」2023/11/10データ取得
(<https://www.police.pref.osaka.lg.jp/kotsu/kisei/1/5829.html>)
- ・警視庁「ゾーン30とは？」
(https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/doro/zone30/about_zone30.html)、2023/10/25データ取得
- ・警視庁「ゾーン30の概要」
<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/kisei/zone30/pdf/zone30.pdf>
2023/11/10データ取得
- ・警察庁交通局「生活道路におけるゾーン対策『ゾーン30』『ゾーン30プラス』の概要」
(https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/kisei/zone30/pdf/230726_zone30gaiyoyu.pdf)、2023/10/25データ取得
- ・厚生労働省「労働統計要覧：賃金」
(https://www.mhlw.go.jp/toukei/youran/indexyr_e.html)、2023/11/03データ取得

- ・厚生労働省「労働統計要覧：労働時間」
(https://www.mhlw.go.jp/toukei/youran/indexyr_d.html) 2023/11/03データ取得
- ・交通工学研究会(2011)『生活道路のゾーン対策マニュアル』
- ・国土交通省「自動運転のレベル分けについて」
(<https://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf>)、2023/10/15 データ取得
- 国土交通省「自動運転のレベル分けについて」
(<https://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf>)、2023/10/15データ取得
- ・国土交通省「自動運転のレベル分けについて」
(<https://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf>)、2023/10/15データ取得
- ・国土交通省「社会的割引率の見直し」、2023/11/09 データ取得
(https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasen_hyouka/dai09kai/2-1.shiryou.pdf)
- ・国土交通省 土地・水資源局「ゆとりある宅地のあり方について」、2023/11/10データ取得
(<https://www.mlit.go.jp/singikai/kokudosin/tochi/kikaku/17/images/06.pdf>)
- ・国土交通省 土地・水資源局「ゆとりある宅地のあり方について」、2023/11/10データ取得
(<https://www.mlit.go.jp/singikai/kokudosin/tochi/kikaku/17/images/06.pdf>)

- ・総務省(2022)「地域社会のデジタル化にかかる参考事例集」
(https://www.soumu.go.jp/main_content/000835268.pdf)
2023/11/03データ取得
- ・総務省(2022)「地域社会のデジタル化にかかる参考と例集」
(https://www.soumu.go.jp/main_content/000835268.pdf)
2023/11/09データ取得
- ・政府広報オンライン「ついに日本で走り出す！自動運転“レベル3”の車が走行可能に」
(<https://www.gov-online.go.jp/useful/article/202004/1.html>)、2023/10/20データ取得
- ・トヨタ自動車株式会社、「ITS専用周波数で通信し安全運転をサポート」、
(<https://toyota.jp/technology/safety/itsconnect/>)、2023/11/06データ取得
- ・内閣府「先端技術を活用した交通安全の取組」
(https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h30kou_haku/zenbun/genkyo/feature/feature_01.html)、2023/10/25データ取得
- ・内閣府「第11次交通安全基本計画【全文】」
(https://www8.cao.go.jp/koutu/kihon/keikaku11/pdf/kihon_keikaku.pdf)、
2023/10/25データ取得
- ・内閣府「特集『道路交通安全政策の新展開』-第 11 次交通安全基本計画による対策-」
(https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r03kou_haku/zenbun/genkyo/feature/feature_02_4.html)、2023/10/25 データ取得
- ・内閣府政策統括官（2023）「令和 4 年度交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査」
[令和 4 年度交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査（令和 5 年 3 月）\(cao.go.jp\)](https://www.cao.go.jp/taisaku/taisaku_r04kou_haku/zenbun/genkyo/feature/feature_02_4.html)
- ・日産自動車株式会社、「SKY プロジェクトによる交通事故低減と交通渋滞の緩和」、
(<https://www.nissan->

global.com/JP/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/GREENPROGRAM/CLIMATE/ICI/ASSETS/PDF/SKYProj.pdf)2023/11/06 データ取得

・日本経済新聞「スケボー遊びの男児、車にひかれ死亡 東京・世田谷区」(<https://www.nikkei.com/article/DGXMZ060715690U0A620C2CE0000/>)、2023/10/15 データ取得

・兵庫県警察「ゾーン30等（生活道路における交通安全対策）について」(<https://www.police.pref.hyogo.lg.jp/traffic/regulation/zone30/index.htm>)、2023/10/25 データ取得

・DSRC(狭域通信)システム、総務省(<https://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/musen/its/dsrc.html>)、

2023/11/1 データ取得

・ETC 総合ポータル情報サイト、ETC2.0 について、(<https://www.go-etc.jp/etc2/>)、

2023/10/28 データ取得

・NTT 東日本「意外と知らない！電話・通信の仕組み」、(https://business.ntt-east.co.jp/content/nw_system/)

2023/11/3 データ取得

・V2X モジュール Type2AN、村田製作所、(<https://www.murata.com/ja-jp/products/connectivitymodule/v2x/overview/lineup/type2an>)、

2023/11/1 データ取得