

渋滞末尾位置の高精度・高頻度での観測による 追突事故防止システムの開発

福富 義章¹・西田 匡志²・細江 雅希³・菅 芳樹⁴

¹正会員 中日本高速道路(株)八王子支社 交通管制課 (〒192-8648 八王子市宇津木町 231)

E-mail: y.fukutomi.aa@c-nexco.co.jp

²非会員 中日本高速道路(株)八王子支社 交通管制課 (〒192-8648 八王子市宇津木町 231)

³非会員 中日本ハウエイ・エンジニアリング 東京(株) 交通情報課 (〒160-0023 新宿区西新宿 1-23-7 8階)

⁴非会員 (株) 地域未来研究所 システム開発室 (〒530-0003 大阪市北区堂島 1-5-17)

高速道路において、渋滞末尾は追突事故のリスクが高く、運転者への注意喚起が必要である。一方で、従来の情報提供手法では、渋滞末尾位置の精度が 1km 程度であり、提供地点・タイミングの間隔も数 km ~10km・数分~10 分程度である。これでは、比較的安全意識や情報への感度が高い運転者以外に対しては、単に「渋滞していること」や所要時間情報の提供に留まり、冒頭に述べた追突事故への注意喚起とはなりづらい。そこで筆者らは、実際の渋滞末尾の直近上流数百 m 以内において、LED 装置を点滅させることによって注意を促す方法を考案した。具体的には、車両の Bluetooth の固有 ID を用いて区間の所要時間を把握することで各区間の渋滞有無を判定し、過去の実績から渋滞末尾の移動速度も考慮して、渋滞末尾上流の LED をリアルタイムで制御することとした。本装置は人力で設置・撤去ができ比較的安価であるため、場所・期間が変わりうるリニューアル工事等の渋滞区間への展開を予定している。

Key Words: 渋滞末尾, 渋滞最後尾, 追突事故, リアルタイム観測, 情報提供, end position of congestion, collision prevention system

1. はじめに

高速道路における交通渋滞による社会の損失のうち、よく知られたものは時間損失であるが、交通事故による影響も無視できない。筆者が所属する中日本高速道路株式会社(以下、「当社」という。)の八王子支社を例にすると、中央自動車道(以下、「中央道」という。)の高井戸~伊北、長野自動車道の岡谷 JCT~安曇野などを中心とするその管轄区域(主に東京都多摩地区、山梨県、長野県諏訪・松本地区)における 2021 年の物損等の軽微なものを含む全ての事故のうち、渋滞末尾での事故は 6.1%を占め、負傷者・死亡者が発生した事故のうちでは 12.0%である。また、渋滞渦中における事故の割合は全事故の 25.2%、負傷・事事故の 19.1%である。総合すると、渋滞が関係する事故は全事故の 3 割にのぼり、特に渋滞末尾での事故は大きな被害に繋がり易いと言える。

また、渋滞が発生するような交通需要超過の状況で事故が発生すれば、その処理に伴って渋滞が悪化し、更なる社会損失を生んでしまうことは、明らかであろう。

このため、渋滞に関係する事故、特に、社会的影響が

大きくなり易い渋滞末尾での事故を減らすことは、社会的に大きな意義があると考えられる。

本稿では、当社八王子支社で開発中の、渋滞末尾の位置を時間的・空間的に高精度・高頻度で観測し、リアルタイムにお客さまにお知らせして追突事故への注意喚起を行うことで、事故の防止を図るシステムについて、その開発背景、概要、課題を述べる。

なお、本稿で出現する事故データについては当社調べのものであり、実際には警察が単独で処理したために当社にデータが無い事故も存在することを注記する。

2. これまでの課題と本稿の目的

(1) 渋滞情報の提供意図とその他広報上の課題

従来、交通渋滞については、本線上の電光の情報板(図-1)、ハイウェイラジオ、SA・PA に設置したパネル(図-2)等により、その情報を提供している。この情報提供は、大きく分けて以下の 2 つの目的を意図して提供している。



図-1 高速道路の情報板の例 (左)

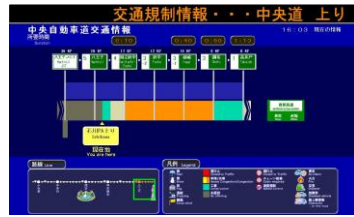


図-2 SA・PAでの情報提供パネルの例 (右)

- 旅行時間が増加する旨やその量を伝えることで、心理的不安感や苛立ちを減少させ、旅行計画策定の一助とするもの (快適性の向上)
- その先の区間に渋滞が存在する旨を伝えることで、追突事故リスクを予期させ、より前方に注意した運転を促すもの (安全性の向上)

しかし、前者の意図については、ほぼ全てのお客さまが意識して享受していると思われる一方で、後者の意図を理解してその用途で渋滞情報を活用しているお客さまは、安全意識や情報への感度が高い方に限られ、その数は比較的少ないと考えられる。特に高速道路では、漫然と運転している者は多い。実際、渋滞末尾への追突事故をはじめ、多くの事故の調書で、運転者が漫然と運転していた旨が記録されている。このような運転者に対して、通常の情報板で「一般的な渋滞情報」を提供しても、それを事故対策に繋げるには限界がある。

また、渋滞末尾を後続車に知らせる方法として、ハザードランプの点灯が挙げられる。これは道路交通法に定められた義務的操作ではないが、高速道路会社各社が呼び掛けているもので、近年では広く浸透している。しかし、ハザードランプは前走車のお客さまが渋滞末尾を視認して初めて点灯させるものなので、視距に限界がある。特に、カーブのすぐ先に渋滞末尾がある場合等は、ハザードランプによる追突防止の効果は薄い。

この他、渋滞末尾での追突事故への注意喚起そのものは、一般的な交通安全啓発の中で行ってはいるものの、その他多くの啓発・広報事項に埋もれてしまうのが実態であり、いざ渋滞を前にしたお客さまに対しての、動的で効果的な啓発とはなっていない。

(2) 情報の観測・提供における技術上の課題

まず、渋滞末尾位置の観測上の課題について述べる。従来、渋滞を検知する方法は、路上に設置された車両感知器 (トラフィックカウンタ。以下、「トラカン」という。) において測定された速度の低下を以て渋滞と判断する、というものである。しかし、この方法では、渋滞末尾の空間的解像度はトラカンの設置間隔に依存する。

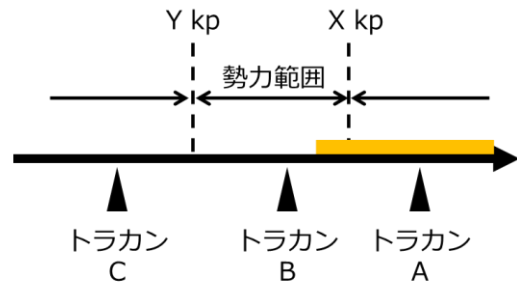


図-3 トラカンの位置と渋滞検知のイメージ

具体的には、あるトラカン1点が代表する「勢力範囲」という区間が予めトラカン毎に固定値で設定されており、当該トラカンで速度が低下した際には、その勢力範囲区間内が全て渋滞していると見做す、という制御がされている。(即ち、システム上で渋滞末尾と見做される位置は、勢力範囲境界となる kp に限られている。) 例えば図-3 では、実際の渋滞末尾がトラカン A に達した時点 (即ち、トラカン A で速度低下が検知された時点) で、システム上で自動生成され各種情報提供媒体で使用される「渋滞イベント」の渋滞末尾は Xkp となる。この後、実際の渋滞末尾がトラカン B に達するまではイベント上の渋滞末尾は Xkp のままであり、トラカン B が速度低下を検知すると、イベント上の渋滞末尾は一気に Ykp へ移動する。当社のトラカンの設置間隔は、渋滞が頻発する重交通区間でも $2km$ 程度であるため、各種情報媒体で案内される渋滞の先頭位置や渋滞長の数字にも、少なくともこの程度の誤差が含まれていることになる。

また、平常時は渋滞が発生しないような地方部においては、1つの IC 区間にトラカンが 1 基しか無い (または全く存在しない) 箇所もあり、このような区間では、そもそもトラカンの速度低下検知による自動での渋滞情報の提供を行っていない。このような区間で工事や事故等による渋滞が発生した場合には、現地を巡回中の管理隊からの報告等により、管制センターでの手動入力によって渋滞情報を提供している。このケースでは、事故や渋滞の情報が管理隊の現認、お客さまや警察からの通報等によって管制センターに入るまでの間、「現地は渋滞しているが情報板には出ていない」という時間が発生してしまうことが避けられない。

次に、情報提供の頻度に関する課題である。本線上を現に走行しているお客さまが渋滞情報を得る手段は、同乗者による Web 上での確認を除けば、情報板やハイウェイラジオ等であり、これらはいずれも設置間隔が比較的長い。情報板は、専らトンネル付近の事象を知らせるものを除くと、JCT 等が無ければ 1つの IC 区間に 1箇所が原則である。ハイウェイラジオについては、地方部では設備が無い IC 区間も存在する。このため、お客さまが最後に渋滞情報を得てから実際に渋滞末尾に遭遇する

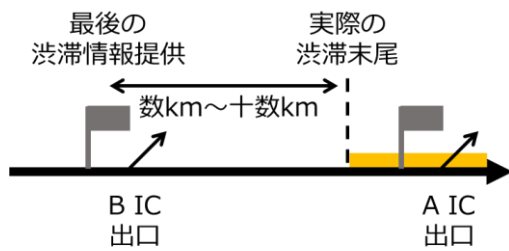


図4 情報提供位置と実際の渋滞末尾位置のイメージ

までは最大で数 km～十数 km の距離があり（図4），安全意識の高い方を除けば，いつどの辺りで渋滞末尾が現れるのかの意識が薄れてしまうおそれがある。また，情報板とハイウェイラジオのいずれも提供すべき事象は渋滞に限らない。一度に提供できる事象の数にも限りがあるため，事象の重大性と事象までの距離に応じた優先度が決められている。このため，短い渋滞については直近 1 箇所ですら提供されない場合も多く，お客さまがその情報に触れるチャンスも少なくなる。（一方で，渋滞末尾での追突リスクは，渋滞長に依らない。）

(3) 本稿の目的と適用対象

以上の課題を踏まえ，筆者らは，次の視点から渋滞末尾での追突事故を防ぐためのシステムを開発することとした。

1. 追突事故への注意を促す意図が，走行するお客さまに対して明確に伝わること
2. 渋滞末尾に近付いていることが感覚的にわかること（即ち，複数回の情報提供があることと，渋滞末尾に近づくほど情報提供の方法に切迫感を持たせること）
3. 可能な限り渋滞末尾の直前まで情報提供を続けること

筆者らは，このシステムを，2022年5月に実施した中央道集中工事における工事渋滞での事故対策として試行導入し，今後の運用拡大に向けた課題抽出を行った。

本稿執筆の目的は，本システムの導入事例とその技術上の課題を広く社会に報告することで，社内に留まらず一般民間事業者や研究者からの知見を募ってシステムを改良し，以て渋滞末尾での交通事故リスクを低減させることである。

3. システムの詳細

本システムに用いられている技術，機器の仕様と配置，その制御方法は，次のとおりである。

(1) Bluetooth を活用した既存技術の利用による渋滞検知

まず，渋滞末尾位置を高精度で観測する方法を考える。渋滞を検知する方法としては，

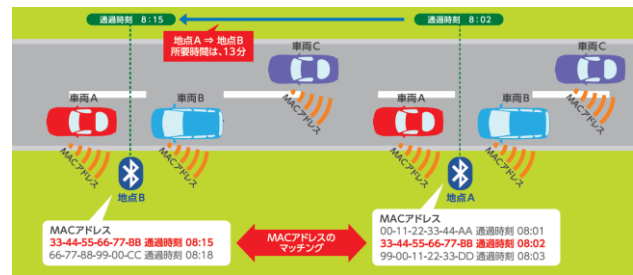


図5 Bluetooth を用いた所要時間提供システム

- ある地点での速度を観測する
- ある2地点間の所要時間を観測する

という2つのアプローチが考えられる。渋滞末尾位置の観測精度を上げるためには，上述の観測地点の距離を短くすることが必要である。

道路管理者が保有する，個車の位置情報と速度を高頻度で記録する既存技術としては，ETC2.0の走行履歴データがある。これは，200mに一度の頻度で位置座標・速度・進行方向等が記録されるものである。その上，「200mに一度」の地点は各車バラバラであるため，多くの車のデータを利用することで，200mよりも細かい分解能で渋滞末尾の位置を捉えることができる。しかし，この情報は事後の分析には極めて有用であるものの，リアルタイムでの取得を必要とする本システムには用いることができない。ETC2.0の走行履歴データは，車載端末に蓄積された後，路側のアンテナを通過して初めて収集されるからである。このように，車載端末側での記録は，リアルタイム観測が必要な本システムには適していない。

そうすると，路側に何らかの観測機器を，短い間隔で多数設置することになる。特に，今回は初の試みであるため，多くの課題が出てきて後日改良を要することが予想され，大掛かりな本設機器の設置は適さない。そこで，共同執筆者の所属する，当社グループ会社である中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社（以下，「エンジ東京」という。）が保有する，Bluetoothを用いた所要時間提供システムに着目した。これは，阪神高速技研の北澤ら²⁾によって基礎的検討が為された技術を基に，エンジ東京の相原が実用化して導入した³⁾システムである。システムの概要は，走行車両に搭載された機器（カーナビ，スマートフォンなど）が発するBluetoothの電波を路側に設置した受信機で受信し，各受信機での受信時刻をMACアドレスで識別することで，その差から通過所要時間を算出する，というものである（図-5）。このシステムは交通停滞時でも正確な所要時間を提供できるという利点から，従来より中央道集中工事期間中の所要時間提供に用いられてきたところであるが，今回はその設置の容易性に注目し，多数設置することによって渋滞末尾位置を高精度で観測することとした。即ち，あ

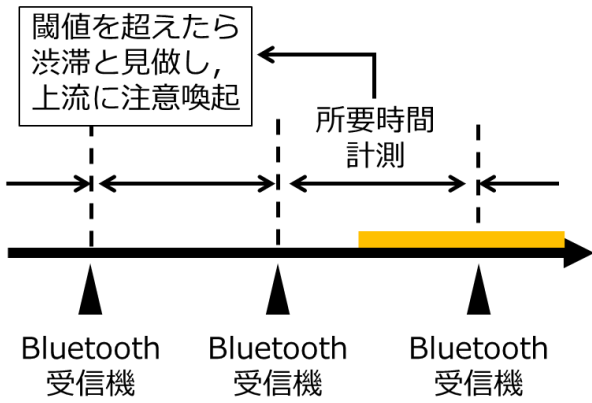


図-6 Bluetoothを用いた渋滞末尾検知のイメージ

る2観測地点間の所要時間が一定の閾値以上になった場合に、その2地点内のどこかに渋滞末尾が存在する、というものである。(図-6)

(2) 機器の諸元

渋滞末尾位置を観測した後は、その結果に従って、お客さまに注意喚起情報を提供する機器が必要となる。今回は上述の方法で渋滞末尾位置を観測することとしたため、渋滞末尾位置の分解能は、観測機器の設置間隔に依存する。そこで、電源確保や設置・維持管理の容易性からも、観測機器と情報提供機器は一体の構成として同一箇所配置することとした。

従前は、お客さまへの動的な情報提供には仮設 LED (図-7) を用いることが多かった。しかし、本システムでは渋滞の長さや所要時間までは提供せず注意喚起に特化するため、必ずしも文字情報による提供でなくとも良い。また、機器の設置数が多いため、設置の手間を極力減らし、設置に必要な空間も小さくすることが必要であった。

そこで、注意喚起は LED の点滅で行うこととし、点滅速度の変化によって渋滞末尾への接近を表現することとした。即ち、初めはゆっくりとした点滅、渋滞末尾が近付いたら急速な点滅とした。速い点滅は 330 ミリ秒周期とし、165 ミリ秒かけて消灯から明るさ最大までフェードインし、その直後に一気に消灯し 165 ミリ秒間消灯



図-7 従前から用いている仮設 LED 装置 (左)

図-8 LED・支柱・Bluetooth受信機・バッテリーボックスで構成される本システムの親機 (右)



図-9 設置1箇所あたりの全景 (左)

図-10 LED点滅の意図を伝える看板 (右)

を続ける、の繰り返しとした。遅い点滅は 990 ミリ秒周期で、同 495 ミリ秒である。LED の色は、従来から緊急・警戒の用途で用いられている赤・黄の他、安全・問題無しといった意味を持つことが多い緑・青は避けることとし、中央道のラインカラーが赤紫色であることも踏まえ、RGB=(232, 52, 150)を採用した。

この LED と Bluetooth の受信機を組合せたもの (図-8 ; 1基あたり高さ約 1.5m の支柱に、底面約 20cm 四方×高さ約 40cm の受信機ボックスと、発光面約 40cm 四方×厚さ約 5cm の LED を取付。支柱の根元に重りを兼ねたバッテリーボックスをネジ止め。質量計約 6kg) を親機とし、LED のみの子機 2 基を合わせて 3 基の LED を、1 箇所あたりに設置することとした。(図-9)

また、LED の点滅だけでは意図を伝えるのが難しいと考え、「渋滞末尾 お知らせ中」、「点滅時 渋滞接近中」と書かれた看板 (550mm×1400mm) を LED の直近上流に設置することとした。(図-10)

まとめると、1 箇所あたりの機器は図-11 のような構成であり、システム全体の構成は図-12 のとおりである。

(3) 渋滞延伸時の末尾の移動速度の検討

次に、機器の配置や LED の点灯制御の検討のため、渋滞の延伸による渋滞末尾の移動速度を検討した。

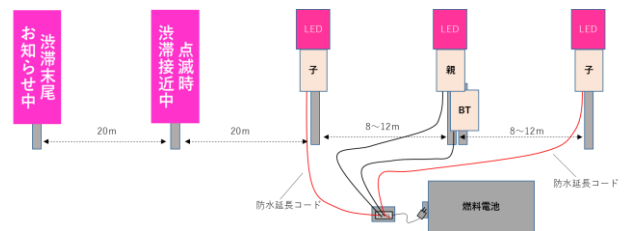


図-11 設置1箇所あたりの機器構成

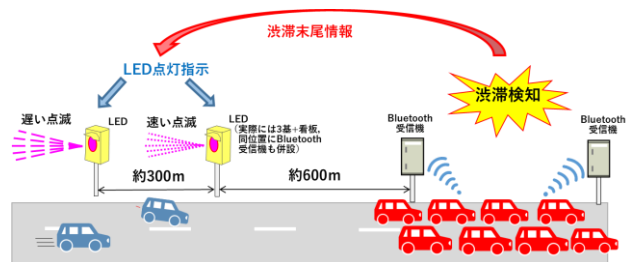


図-12 システム全体のイメージ図

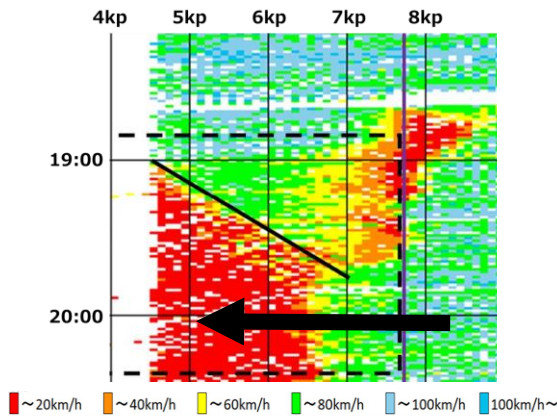


図-13 集中工事の渋滞の例 (2021/5/12)

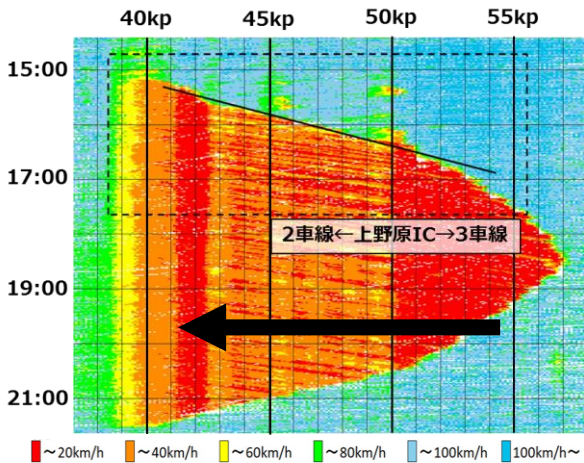


図-14 交通集中渋滞の例 (2021/3/14)

まず、前年である 2021 年の中央道集中工事で発生した渋滞について、その延伸速度を調べた。図-13 のように、ETC2.0 プローブデータを用いた 1 分・100m 間隔の速度コンター図を用意し、平均速度が 40km/h 以下となっている時刻・kp を渋滞と見做し、そのセルの移動速度を検討した。集中工事では、18 時頃以降、交通量が多い中で各所で次々に先頭固定規制（パトカーで全車線横一列で低速走行をすることで車両が通過しない時間を作り出すこと）を行って、その間に車線規制を設置する。このため、交通流が一気に乱れ易く、渋滞末尾位置の延伸の様子も一定でないが、図を目視で読み取り、比較的延伸速度が高いものについて集計した。速度の算出にあたっては、比較的短時間での速度変動も捉えるため、少しでも瞬間速度が変化した場合、別計上で集計した。

また、一般的な交通集中による渋滞での末尾移動速度も検討するため、中央道の渋滞頻発区間である小仏トンネル付近を先頭とした渋滞についても、同様に集計を行った。速度コンター図の例は、図-14 のとおりである。

これらの渋滞延伸速度を集計してまとめたものが、表-1 である。この結果、渋滞の延伸速度は概ね 300m/min であることを前提に、システムを構築することとした。

表-1 渋滞末尾の延伸速度の例 (いずれも 2021 年)

日付	延伸長 m	延伸時間 min	速度 m/min	備考
5/10	300	3	100	集中工事
5/10	400	3	133	集中工事
5/10	1400	5	280	集中工事
5/12	200	1	200	集中工事
5/12	600	2	300	集中工事
5/14	900	12	75	集中工事
5/14	300	1	300	集中工事
5/14	500	8	63	集中工事
3/14	1300	14	93	小仏
3/14	2400	11	218	小仏
7/11	800	15	53	小仏
7/11	4700	19	247	小仏
9/19	1600	26	62	小仏
9/19	2200	9	244	小仏
10/3	1100	12	92	小仏
10/3	3000	18	167	小仏
11/6	500	3	167	小仏
11/6	1500	4	375	小仏

(4) 機器の設置間隔

以上の検討を踏まえ、機器の設置間隔を検討した。

Bluetooth のシステムの計算処理に依存する更新周期が最短 1 分であることから、渋滞末尾位置の最小分解能は、(3)より約 300m となる。このため、機器の設置間隔も概ね 300m 間隔とすることとした。なお、Bluetooth の電波の届く範囲は概ね半径 100m なので、それ以上近くしてしまうと、隣接する受信機での受信時刻差が異常に短くなってしまふおそれがある。この点からも、300m という設置間隔は適切である。

(5) 点灯の制御方法

点灯制御にあたり、更新周期の 1 分の間に延伸する渋滞の長さを考慮すると、

- 上流 (区間の手前) 寄りで光らせる制御
- 下流 (区間の先) 寄りで光らせる制御

の 2 通りが考えられる。(図-15)

前者の制御の場合、確実に実際の渋滞末尾よりも手前側で注意喚起することができる他、渋滞渦中で光る(既に低速となっているお客さまに対して鬱陶しい点滅が続いてしまう)リスクを低減できる。一方で、LED点滅が

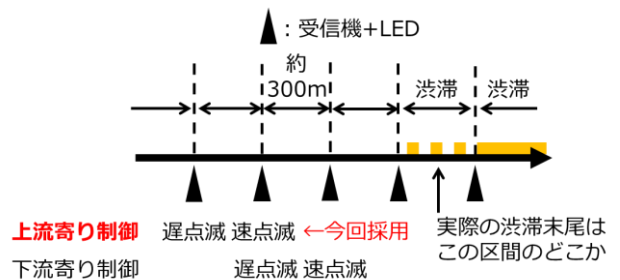


図-15 渋滞末尾位置と点灯制御方法

現れた後なかなか実際の末尾が現れず、逆に注意を散漫にしてしまうリスクを孕んでいる。

後者の制御の場合はその逆で、渋滞末尾の移動速度が想定外に速い場合に、LED の制御が追いつかず、LED の点滅が実際の渋滞末尾よりも後に来ってしまう可能性がある。

今回は、LED 点滅が実際の渋滞末尾より後に現れることが無いように上流寄りの制御を採用することとした。3.(2)で述べたとおり、渋滞末尾の直前の区間ではLED の点滅を速く、その手前では遅くするよう計画するため、図-15 のとおり、渋滞末尾区間を挟む LED の上流側を 0 番目として、2 番目を速い点滅、3 番目を遅い点滅で制御することとした。LED の設置間隔は約 300m であるため、速い点滅から実際の渋滞末尾まで 600~900m という想定である。

4. 中央道集中工事での導入

本システムを、2022 年 5 月 9 日から 27 日に高井戸 IC ~八王子 IC の上下線で行われた中央道集中工事で発生する渋滞に対して試行導入した。これが初めての導入だったため、ここで課題を洗い出し、その知見をシステムの改良に繋げる計画であった。

(1) 機器配置対象区間の検討

まず、集中工事で渋滞が予想される区間のうち、どこに本システムを導入するかを検討した。渋滞が発生し得る全箇所機器を設置するのが理想的ではあるが、以下のとおり、設置箇所を検討する上での制約条件が存在した。

- 集中工事の規制箇所は日によって異なる他、雨天中止等によって直前でも変わり得ること
- ある日には渋滞発生を予想して本システムの機器を設置していた区間が、別の日には工事対象区間となることで、機器自体が施工の支障になり得ること

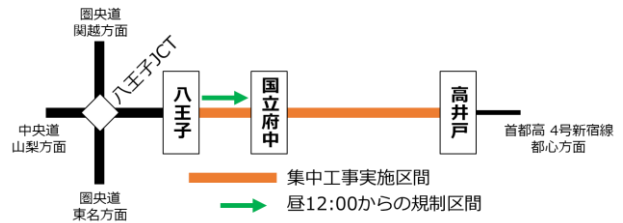


図-16 中央道集中工事の実施区間

- 折からの半導体不足による LED 調達の難しさ等から、LED が 30 基 (10 箇所、約 300m 間隔で約 3km の区間) に限られること

日中は集中工事は行われたいないため、その間に日々撤去・設置を繰り返すことも不可能ではない。しかし、比較的手間を要し、規制での受損リスクもある撤去・設置を徒に繰り返すことを避ける他、毎回点灯の制御方法を変更する必要まで生じることから、一度設置してから撤去するまでの間、同じ位置で使用できる配置を模索した。

そのような検討に最適だったのが、次のような区間である。近年の中央道集中工事では、車線規制時間を 18 時以降の夜間に絞ることを原則としてきていた。しかし、2022 年の集中工事では、ある橋梁に対して、1 回の車線規制開始から規制解放までの施工時間を長く要する床版防水工を施工する必要から、上り線八王子 IC→国立府中 ICに限っては昼 12 時から規制となった (図-16)。このため、この区間において午後早い時間帯から渋滞が発生することが予測されていた。この床版防水工は、3 週間 (作業日 2 週間 10 日間、予備日 1 週間 5 日間) の集中工事期間のうち最初の 6 作業日 (予備日 2 作業日含む) に予定されており、雨天等で中止になっても、この区間に関しては順序の入替を行わず、床版防水工が終わった翌日以降に他の工種を施工する計画であった。このため、集中工事实施前に渋滞予想区間に機器を設置し、床版防水工が終了した翌日の日中に機器を撤去する計画とした。この区間で実際に渋滞が発生しシステムが稼働したのは、2022 年 5 月 9, 10, 16, 17 日の 4 日間である。

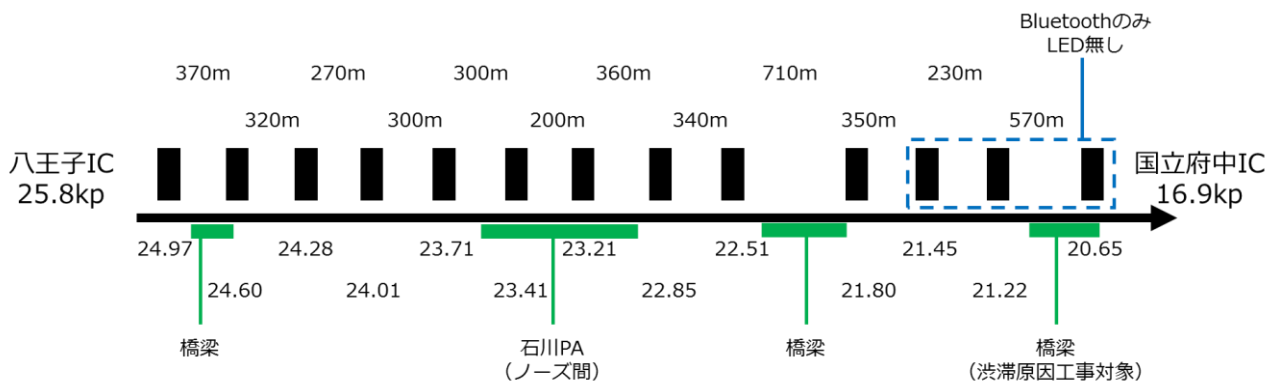


図-17 中央道集中工事における本システムの機器配置

表-2 システムの稼働状況
(規制は全て 20.4~19.5kp, 12:00 から開始)

日付	点灯開始	点灯終了	渋滞状況	規制状況
5/9	12:14	14:16	延伸	追越規制
5/9	17:56	20:04	解消	追越規制
5/10	12:13	14:37	延伸	追越規制
5/10	18:52	20:03	解消	追越規制
5/16	12:09	13:01	延伸	走行規制
5/16	15:05	15:22	停滞	走行規制
5/16	18:33	19:48	解消	走行規制
5/17	12:43	14:46	延伸	走行規制
5/17	19:00	20:10	解消	走行規制

(2) 対象区間内での配置計画の検討

次に、対象区間内の機器配置について検討した。上述のとおり 300m 間隔が理想であるが、現地条件によって設置が難しい箇所（ガードレールの無い橋梁部等）がある。このため、機器の配置は、間隔が最大で 710m、最小で 200m、平均 360m の、全 12 区間・13 基（図-17）となった。

(3) 当日の運用期間中の状況

当日は、システムがダウンし、現地へ行って受信機の再起動を要することが 3 回あった他は、概ね安定して稼働していた。点灯していた時間は、4 日間で合計 13 時間 22 分（1 日あたり 3 時間 20 分程度）であった（表-2）。

なお、運用開始初日の確認で、特に渋滞が解消する局面で、システムの更新頻度が渋滞末尾の縮小速度に追い付かず、速い点滅から渋滞末尾までの間に不点灯機器が続き、1km 以上の間隔が空いてしまう場面があった。こうなると、お客さまは「さっきのは何だったのだろう？故障かな？」と感じてしまうおそれがあることが懸念された。そこで、本システムの LED を目にする機会を増やすため、2 日目の 5 月 10 日から、遅い点滅の区間を、速い点滅区間の上流 1 区間から 3 区間に増やした。

また、今回は上流寄りの点灯制御としたことの一理由の一つに、渋滞渦中においては光らない設定を目指したことがあった。通過に時間のかかる渋滞内において、点滅が目障りであることを懸念したためである。しかし、結果としては、寧ろ特に昼間は光量が不足していると感じるほどであった。

(4) 運用の結果・点灯状況と効果

渋滞が延伸する際と、縮小する際の、渋滞状況と、その際のシステムの点灯状況の一例を図-18、図-19 に示す。これらに示した時間帯では、概ね想定どおりの点灯状況であると言える。一方で、図-20 のように、急速に渋滞

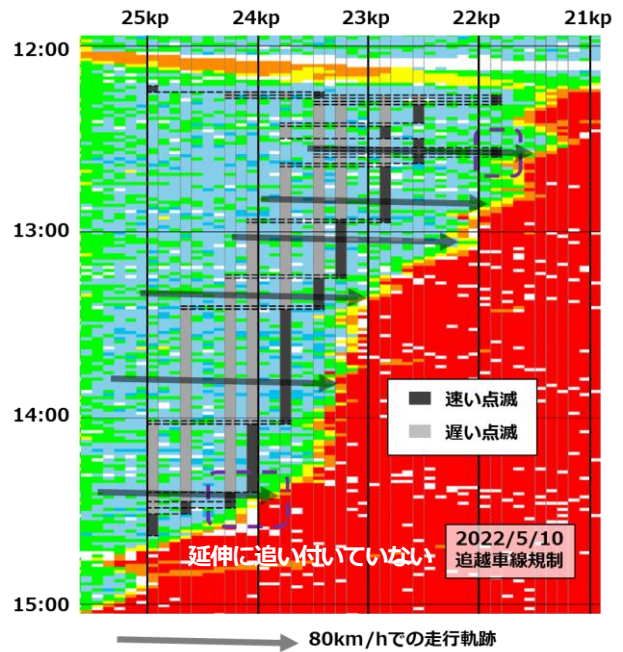


図-18 渋滞延伸時のシステム稼働状況の例

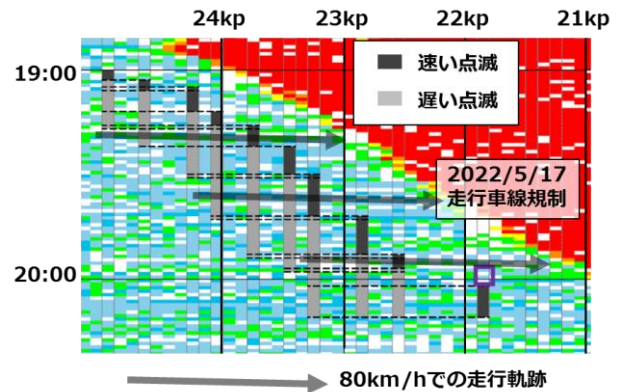


図-19 渋滞解消時のシステム稼働状況の例

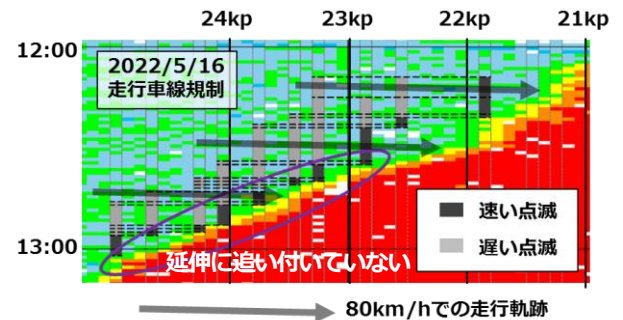


図-20 急速な渋滞延伸時のシステム稼働状況の例

末尾が延伸している状況では、（上述のシステム変更・点灯区間増加によって対応できているものの）末尾の移動速度にシステムが追いつかないケースもあった。

なお、本システムの導入区間では、渋滞末尾への追突事故は発生しなかった。（但し、そもそも一般に、事故は車両の通過台数に対して非常に稀な事象であるため、この無事故が本システムの効果であると言うことは、現時点では標本数が少なすぎて困難である。）

5. まとめと今後の課題

本稿では、Bluetooth を用いた所要時間測定・提供の技術に着目することで、高精度・高頻度でリアルタイムに渋滞末尾の位置を観測し、そこに接近するお客さまに対して注意喚起を行うシステムの、導入に至った経緯、システムの概要、試行導入の結果について述べた。

試行導入した 2022 年の中央道集中工事では、概ね当初想定していたような点灯状況を実現することができ、一定程度の注意喚起効果を発現させることができたと考えられる。

一方で、渋滞の延伸・縮小速度については、今後知見を蓄積して、より詳細に検討する必要がある。一先ずは、本稿締切直後の 2022 年 10 月に中央道上り線岡谷 JCT～諏訪 IC で実施されるリニューアル工事における昼夜連続規制での渋滞に対して、ソフト改修だけで済む改良を適用予定である。具体的には、図-21 のとおり、渋滞末尾直近の点灯区間を、末尾観測区間の 2 区間上流から 1 区間上流に近付けた上で、速い点滅を 1 区間追加する（速い点滅 1 区間・遅い点滅 3 区間を、速い点滅 2 区間・遅い点滅 3 区間に変更する）予定である。更に将来

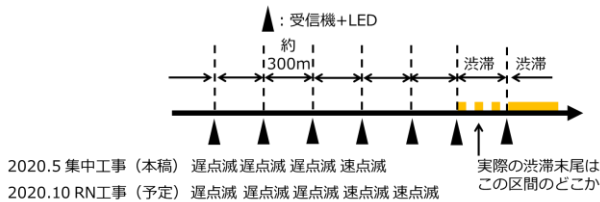


図-21 今後変更する予定の点灯制御方法

的には、点灯区間数や点灯位置をも動的に制御できるのが望ましい。即ち、渋滞の延伸・縮小速度はそのときの捌け交通容量と流入需要交通量によってまちまちであり事前に予測することは難しいため、渋滞延伸速度自体もリアルタイム観測から算出することで、制御方法に即時反映することが考えられる。

また、今回は、使用する LED 機器の回路上のチャンネル数の制約から、点滅パターンを速いものと遅いものの 2 種類しか用意できなかった。これを増やすことができれば、点灯区間が 3 区間以上に増えたとしても、点滅周期を点灯区間数に応じた種類作成することで、「だんだん速い点滅になる」ことで切迫感を伝えることが可能になる。他にも、機器自体の軽量化（現在も人力運搬が可能とはいえ、設置撤去にはかなりの労力を要する）や、前述の光量が不足する課題等に対し、ハード面での改良も考えられる。これらについては、2023 年の中央道集中工事で、機器を新たに製作して対応したいと考えている。

参考文献

- 1) 北澤 俊彦, 塩見 康博, 田名部 淳, 菅 芳樹, 萩原 武司: Bluetooth 通信を用いた旅行時間計測に関する基礎的分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70 巻 5 号, p.I-501-I_508, 2014.
- 2) 相原 秀多, 折野 好倫, 中沢 航太, 佐藤 久長, 菅 芳樹: Bluetooth を用いた高速道路のリアルタイム所要時間情報提供の取り組み, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.

A DEVELOPMENT OF A COLLISION PREVENTION SYSTEM BY OBSERVING THE TND POSITION OF CONGESTION WITH HIGH ACCURACY AND HIGH FREQUENCY

Yoshiaki FUKUTOMI,
Tadashi NISHIDA, Masaki HOSOE and Yoshiki SUGA

On freeways, it is essential to call driver's attention to the end position of a congestion because of its high risk of collision. However, a conventional observation method has only 1km of accuracy for the end position, and the frequency of information deliveries is more than a few kilometers of spatial span, a few minutes of time span. Congestion information like this has almost no meaning to prevent collisions to most drivers, except those those who have high safety awareness. It just informs the existence of the congestion itself. For that reason, we devised the alerting method with LEDs which can observe the end position of a congestion with less than a few hundreds meters of accuracy. Specifically, our system detects congestions by measuring time required to pass some sections using eigenvalue of Bluetooth, and controls the LEDs on upper courses of the congestion, considering the speed of the end position. The equipments are portable, mountable/dismountable by human power and inexpensive, so we are planning to introduce them to the congestions caused by road works of "Freeways Renewal Project", which will go on various places in Japan at various times.