

AI オートマチック信号制御を活用した 工事渋滞緩和の検討

三浦 淳¹・吉田 幸男²・武島 正佳²・永江 浩一郎¹・野中 康弘³・
深井 靖史³・石田 貴志³・柳沼 秀樹⁴

¹ 非会員 国土交通省関東地方整備局 長野国道事務所（〒380-0902 長野市鶴賀字中堰 145）
E-mail: miura-j8311@mlit.go.jp nagae-k8310@mlit.go.jp

² 非会員 国土交通省関東地方整備局
（〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1 さいたま新都心合同庁舎 2 号館）
E-mail: yoshida-y8310@mlit.go.jp takeshima-m8310@mlit.go.jp

³ 正会員 株式会社道路計画（〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-14 マルヤス機械ビル 5F）
E-mail: y_nonaka@doro.co.jp y_fukai@doro.co.jp t_ishida@doro.co.jp

⁴ 正会員 東京理科大学講師 理工学部土木工学科（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

長野市篠ノ井における地すべり被害により、国道 19 号では令和 3 年 7 月 6 日より全面通行止めによる応急復旧工事が行なわれ、同年 7 月 14 日には片側交互通行規制による復旧工事に移行した。しかしながら、規制による朝夕の渋滞は深刻であり、復旧工事は長期に渡るため、交通状態の改善が急務となっている。

本論では、災害復旧工事による交通マネジメントの円滑化を念頭に、AI オートマチック信号制御手法を検討した。具体的には、可搬型 CCTV カメラと AI 解析によるリアルタイム交通計測データを活用した最適かつ適応的な工事用信号制御を自動で行うシステムを構築した。これにより、人手によるマニュアルよりも効果的な信号制御による片側交互通行規制を実現し、工事渋滞に関する交通マネジメントの高度化、効率化を図った。

Key Words: congestion measure, AI analysis, signal control

1. はじめに

長野市篠ノ井における地すべり被害により、国道 19 号では令和 3 年 7 月 6 日（火）より全面通行止めによる応急復旧工事が行なわれ、7 月 14 日（水）には片側交互通行規制による復旧工事に移行した。しかしながら、規制による朝夕の渋滞は深刻であり、復旧工事は長期に渡るため、交通状態の改善が急務となっている。これを解決するため、災害復旧工事による交通マネジメントの円滑化を念頭に、AI オートマチック信号制御手法を検討した。具体的には、可搬型 CCTV カメラと AI 解析によるリアルタイム交通計測データを活用した最適かつ適応的な工事用信号制御を自動で行うシステムを構築した。

本論では、発生した事象と交通開放までの状況を概説したうえで、現地における交通規制の課題等を整理し、この課題解決に向けた AI オートマチック信号制御手法の検討結果と、手法の検証結果の一部について述べる。

2. 発生した事象と交通開放までの状況

(1) 発生した事象

令和 3 年 7 月 6 日（火）、長野県長野市篠ノ井小松原地先の国道 19 号に隣接する箇所において、地すべりが発生した（図-1）。この地すべりによる国道 19 号路面への土砂流出は確認されなかったが、道路施設への影響として、国道 19 号犬戻トンネル上に設置されている電気室の建屋に土砂が押し寄せ、建屋が一部損壊した。この地すべりのさらなる動きによる、土砂流出の可能性、一般交通への影響が懸念されたことから、同日 14 時 20 分に国道 19 号を通行止めとする措置をとった。

(2) 交通開放までの状況

国道 19 号は長野地域と松本地域・北アルプス地域を結ぶ、地域の生活を支える重要な幹線道路であり、日交通量は 20,277 台（平成 27 年道路交通情勢調査）である。



図-1 地すべり被害状況



図-3 片側交互通行規制位置図



図-2 H型鋼製防護柵設置等の応急復旧状況

また、当該箇所は山間部に位置するため、迂回路は山間の幅員狭小や急勾配箇所もある道路となり、国道19号の通行止めは地域の生活に大きな影響を与えた。特に、迂回による利用者の移動距離や時間の増加、通常時は交通量が少ない通学路への迂回交通通過による安全性の低下、通学でバス交通を利用している学校の臨時休校、代替バスの運行、道の駅の来客数の減少等が生じた。

これらを解消すべく、発災直後から図-2 に示すような H 型鋼製防護柵設置等、応急復旧工事を進め、発災から 8 日後の 7 月 14 日 (火) 6 時、暫定的に昼間 (6~21 時) のみ片側交互通行規制に移行、通行止めを解消した。なお引き続き、夜間は通行止めとしている。

3. 現地における交通規制の課題等整理

片側交互通行規制位置図を図-3 に示す。片側交互通行規制に際しては、1 日 2 万台という交通への影響を最小限とするため、規制保安員を追加した上でトンネル内に規制区間の片端を設け、規制延長を 300m と可能な限り短縮した。片側交互通行規制での処理可能台数は、実測

で約 1,300 台/時となったが、通常時 (通行止め直前 1 週間前平均) の平日朝 7 時の時間交通量は約 1,500 台/時であったため、朝夕の交通集中時には、上下線とも最大約 3km 程度の滞留が発生する事態が発生した。

このように、これまでのような交通需要があると、片側交互通行規制時に渋滞を発生させないような交通処理を行うことは難しいと判明したため、信号制御の最適化により滞留車両をいかにバランスよく流すかが最重要と考えた。交通開放直後は、上下線の滞留長の把握のため、国道 19 号の上下線各方向 (3 方向: 上り線 2 方向・下り線 1 方向) における車列の最後尾に監視員を配置し、滞留長に関する情報を電話やインターネットで規制管理員に集約した。その情報をもとに、上下線の規制信号のサイクル長や各方向の青時間を調整した。また、道路管理者が既設の道路管理用のカメラを確認し、現地の規制管理員に伝達するという方法もあわせて活用した。

このように、被災当初は、規制保安員、滞留長確認の監視員、カメラ監視員等、多数の人員を配置するという対応をとった。一方、気象状況は、交通開放直後から連日最高気温 30 度超えが続き、35 度に達する日もみられた。また、地すべりの動き等の解明には時間を要することが想定され、現状での人員を動員しての対応の継続性が大きな課題となった。

4. AI オートマチック信号制御手法の検討

実際に監視員のみで時々刻々と変動する渋滞末尾位置を把握することは難しく、片方向のみ渋滞長が長くなるなど、両方向の渋滞長をコントロールすることはほぼ不可能であった。また、既設の道路管理用のカメラを監視して渋滞状況を人的な対応で伝達し、片側交互通行規制の運用を効率的に実施することは、酷暑の中非常に困難を極めた。過去には、交通需要が少ない箇所において超

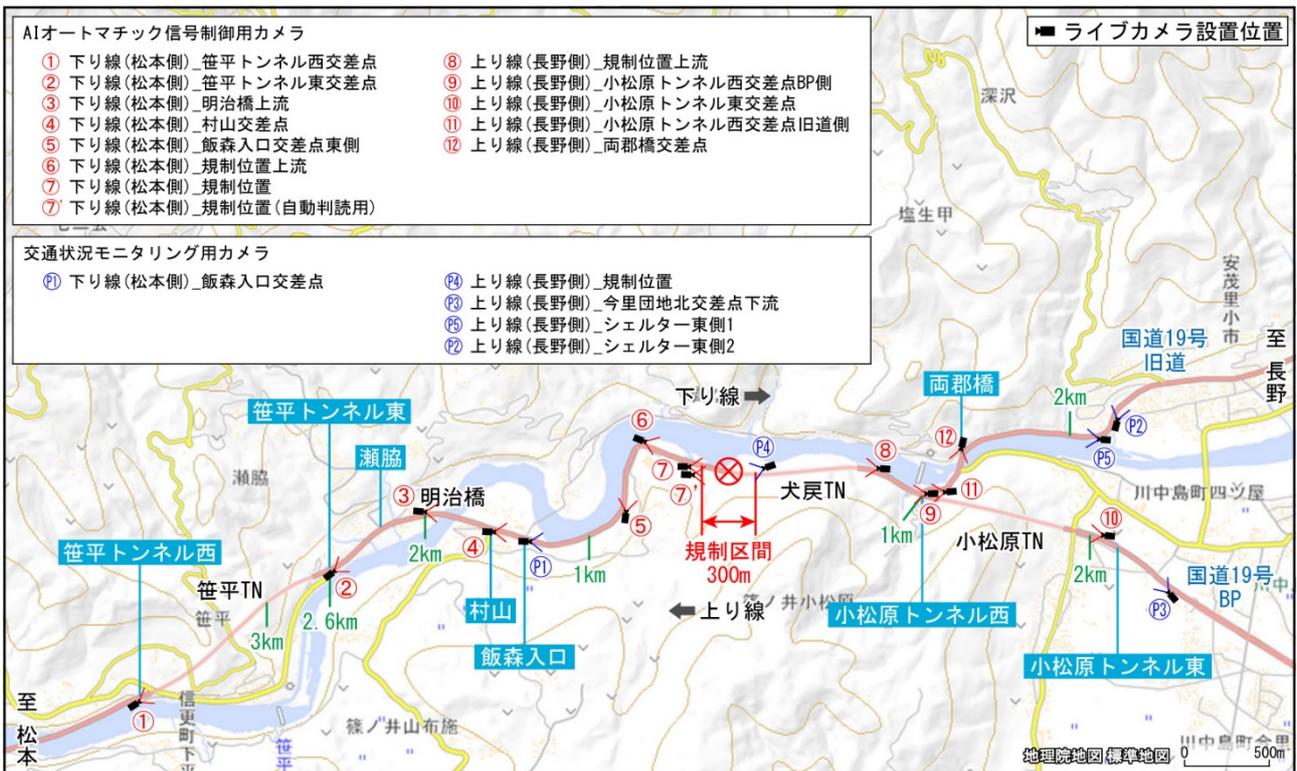


図4 ライブカメラ設置位置図

音波センサーを設置し、車両が到達しないことを観測することで青現示を早切りするといった、交通需要に応じて青時間を設定できる信号機が開発されていた^{1) 3)}。ただし、今回のようにサイクルごとの捌け残りが片側交互通行規制区間の両方向に滞留しており、それぞれの渋滞長に応じて信号制御を行ったという事例はない。

そこで、これらの課題の解決に向けて、AIオートマチック信号制御手法の検討を行うに至った。検討にあたっては、まず渋滞状況を適切に把握できる位置にライブカメラを設置し、目視での渋滞末尾把握とこれによる信号制御を行った。この利点は2つある。1つ目は目視といえども渋滞状況把握を一元化でき規制保安員の負担軽減を図れること、2つ目は信号制御パターンの検討等事前設定のためのデータを取得できることである。次に、得られた映像データより、信号制御パターンと渋滞末尾判定ロジックの設定を行うとともに、並行して規制信号機等ハードの整備を行い、信号制御自動化の検討をした。以降では、これらに関する検討結果を述べる。

(1) ライブカメラの設置および目視での渋滞状況把握による信号制御

a) ライブカメラの設置

ライブカメラ設置位置図を図4に示す。目視およびAIオートマチック信号制御において、渋滞末尾位置を把握するために、「AIオートマチック信号制御用カメラ」を13地点に設置した。また、目視での渋滞発生状況把握の



図5 ライブカメラ映像の確認画面

助けとするため、「交通状況モニタリング用カメラ」を5地点に設置し、計18基のカメラを活用した。いずれのカメラもライブ中継可能なものとし、交通状況や渋滞末尾をパソコンやタブレット端末で一目で把握できるようにした(図5)。

「AIオートマチック信号制御用カメラ」の13地点は、現地の交通状況を勘案するとともに、AIオートマチック信号制御時に、渋滞末尾位置を把握すべき地点として選定した。具体的に、下り線は「村山交差点」、「明治橋上流」、「菅平トンネル東交差点」、「菅平トンネル西交差点」付近とし、上り線は旧道と長野南バイパスの分

岐点である「小松原トンネル西交差点」、バイパス側の「小松原トンネル東交差点」、旧道の「両郡橋交差点」付近とした。その他これらを補完する地点を選定した。なお、カメラ⑦は精度高く規制位置の交通量計測を行うため、補足的に設置したものである。

ライブカメラは、既存サービスとして存在するセーフイー（株）の「セーフイーGO カメラ」を活用した。このカメラは、リアルタイム映像をLTE回線によるインターネット経由で把握できるとともに、クラウドサーバーに過去映像が1ヶ月分保存されるという特徴をもっている。本検討では、動画を目視で把握することを第一とし、次にAI解析により渋滞状況を把握することを前提としていた。セーフイーGO カメラは、ライブ中継が可能だけでなく、APIにより映像を抽出することも可能であることから採用した。なお、ライブカメラ設置地点のLTE電波はすべて良好で、24時間途切れることなく動画を確認することが出来た。

AI解析を行うためには、一定の精度を確保するために、ある程度の高さからの画角が必要となる。電光標識（情報板）等の足場がある施設ではそれを選定し、それ以外の場合では、筆者らが所属している（株）道路計画が保有するビューポールを用いて、照明柱等の高さ7mもしくは10mの位置にセーフイーGOカメラを設置した（図-6）。ビューポールは、高所作業車を必要としない可搬型の高所撮影機器で、地上から振り出し式の棒を上げることで安全かつ容易に設置可能である。国土交通省国土技術政策総合研究所発行の画像認識型交通量観測装置機



図-6 現地での照明柱へのビューポール設置状況

器仕様書（案）：令和元年6月によると、精度の高い画像解析を行うためには、高さ6.5m以上、俯角20~30度等を確保することが望ましいとされており、ビューポールによるライブカメラ設置は、これらを満たしている。

b) 目視での渋滞状況把握による信号制御

次に、目視での渋滞状況把握による信号制御を行うため、ライブカメラの映像から渋滞発生状況、工事規制区間での捌け交通量、通過所要時間等を判読した。その結果、青1時間で1,350台の滞留が捌けることを把握した。1分あたり23台、約160mの滞留が捌けることになる。例えば、前掲図-4の下り線⑤の位置は、規制箇所から約800m上流であるので、青時間を5分とすればここまでの車列が捌け、上り線⑨の位置は1,000m上流であるので、青時間を6分強とすれば車列が捌けることになる。

渋滞状況をコントロールする地点として、上り線は旧道とバイパスが合流する小松原トンネル西交差点（カメラ⑨地点）の3差路、下り線は笹平トンネル東交差点（カメラ②地点）と定めた。これは、合流交通量が多い



図-7 時間帯別の青時間設定結果

交差点を渋滞列が超えると、通過時間が大幅に増大するため、道路利用者のストレスを増幅させないことを意図している。

サイクル長は、一般的な交差点であれば 90~180 秒程度で処理していることが多い⁴⁾。サイクル長を短くすることで滞留長延伸させないことが基本思想であるが、短くするほどクリアランス（全赤時間に相当）が大きくなる。特に、ここで対象としているような片側交互通行規制の場合、ある 1 方向に対して青現示から赤現示に変更された後、当該方向の車両が規制区間を通過し終えるまでのクリアランス時間が必要である⁵⁾。当然、規制区間長が長くなるほど、クリアランス時間も長くなる。同様に反対方向のクリアランス時間も必要であり、1 サイクルあたり 2 回のクリアランス時間を設定しなければならない。一般的な信号交差点と比べて極めて長いクリアランス時間を要することから、サイクル長を短くすることにはデメリットがある。

上記のとおり 1 分で約 160m 捌けること、上り線のコントロールポイントである小松原トンネル西交差点まで 1,000m であることから、青時間は長くても 5 分まで、滞留長が短い時には 2 分とした。滞留長が短い時の 2 分については、1 分であると発進遅れの影響により交通流率が上昇しないうちに赤現示になることから設定した。

これらの条件を踏まえて、朝 6~10 時、昼 10 時~16 時、夕方 16~21 時に区分して設定した基本的な方向別青時間を図-7 に示す。上下線の青時間の組合せで信号制御パターンが決まるようになっている。この青時間設定条件を現場の規制保安員に事前に伝えた。そのうえで、ライブカメラの映像を見ながら青時間を決めていただき、規制区間停止線付近の交通誘導員に伝え、無線リモコンで規制信号の青時間を変更するといった運用を行った。

(2) 信号制御パターンと渋滞末尾判定ロジックの設定

a) 信号制御パターンの設定

前述(1)で設定した目視による渋滞状況把握による信号制御パターンを基本に、信号制御自動化に向けた信号制御パターンを作成した。目視を前提としたものは、朝昼夕でそれぞれ 4 パターンを設定したが、自動化の際はライブカメラを複数使用することで、さらに複雑なパターン制御も想定し、表-1 に示すような 19 パターンを設定した（表中の数字）。

閑散時（非混雑時）は、前述のとおり青時間を 1 分にする発進遅れの影響を受けることから、それぞれの青時間を 2 分にするを基本とした。ただし、さらに交通量が少ない時間帯でもなるべく自動化が可能なよう、青時間 1 分というパターンも設定した。その他は、1 分刻みで、最大 5 分までの組合せとし、特異事象用として片側 6 分までパターンを設定した。

表-1 信号制御自動化に向けた信号制御パターン

方向別	上り線 長野←松本 (子機側)						
	青時間	60	120	180	240	300	360
下り線 松本→長野 (親機側)	60	2 (超閑散時)					
	120		1 (閑散時基本)	3	4	5	18 (松本側 渋滞悪化)
	180		6	7	8	9	
	240		10	11	12	13	青枠： 方向2優先
	300		14	15	16	17 (両方向 渋滞max)	
	360		19 (長野側 渋滞悪化)			赤枠： 方向1優先	

※白枠内の数字はパターン番号

表-2 渋滞末尾カメラ位置と信号制御パターンの関係

ライブカメラによる渋滞末尾位置		信号制御 パターン
下り線(親機) 松本→長野	上り線(子機) 松本←長野	
なし	なし	3
⑥	なし	3
⑤	なし	3
④	なし	3
③	なし	3
②	なし	10
①	なし	14
なし	⑧	3
⑥	⑧	3
⑤	⑧	3
④	⑧	3
③	⑧	3
②	⑧	10
①	⑧	14
なし	⑨	4
⑥	⑨	4
⑤	⑨	4
④	⑨	4
③	⑨	4
②	⑨	12
①	⑨	16
なし	⑩(⑩と⑫も含む)	5
⑥	⑩(⑩と⑫も含む)	5
⑤	⑩(⑩と⑫も含む)	5
④	⑩(⑩と⑫も含む)	5
③	⑩(⑩と⑫も含む)	5
②	⑩(⑩と⑫も含む)	13
①	⑩(⑩と⑫も含む)	17
なし	⑫	4
⑥	⑫	4
⑤	⑫	4
④	⑫	4
③	⑫	4
②	⑫	12
①	⑫	16

b) 渋滞末尾判定ロジックの設定

渋滞末尾判定カメラ位置と信号制御パターンの関係を表-2 に示す。目視の際は規制保安員がカメラ映像を確認し、渋滞末尾の判定を行っているが、自動制御の際はこ

の判定を自動化する必要がある。そこで、カメラ映像のアンクル内に判読エリアを設定したうえで、エリア内での時間占有率を自動判読し閾値を設定することで、渋滞末尾判定を行った。表の表頭に記載されている親機と子機については、後述した。

目視の際は、主にカメラ①、②、⑨、⑩、⑫の映像をもとに、表-1 のうち幾つかのパターンを選択していた。よって、自動化に向けてはこのうち数台のカメラ映像から、パターン選択ができるように試みた。以下ではその結果を述べる。目視による渋滞末尾読取り結果と、カメラ映像から判定できる時間占有率から求めた渋滞末尾位置の比較結果のうち、下り線を図-8 に、上り線を図-9 に示す。それぞれの図の上段が AI 解析による方向別時間占有率の時間変動を示しており、線色で判読地点別を表現している。時間占有率であるため、渋滞長を示しているわけではない。また、下段は棒グラフが30分間交通量、折れ線グラフが毎正30分での最大滞留長を示している。

笹平トンネル東交差点から規制箇所へ向かう方向である下り線を見ると、下段の実績として朝と夕方に渋滞長 2,600m が出現している。笹平トンネル東交差点付近に位置する地点である。上段のカメラ②が笹平トンネル東交差点に該当する位置であり、7 時台は時間占有率が高い値を示していることから、渋滞状況を捕捉できている。一方、17 時台もほぼ再現できているが、19 時台は実際の渋滞長が短いにもかかわらず、時間占有率が 70% 超えている。渋滞が解消するタイミングであったため目視では渋滞と判定しなかったが、実際には停止していた車両を AI が検知していたため、問題ないと判断した。

小松原トンネル東交差点から規制箇所へ向かう上り線を見ると、下段の実績渋滞長として 7 時台や 16 時台に 1,000m、18 時台に一時的に 2,100m となっている。小松原トンネル西交差点が規制位置から 1,000m、小松原トンネル東交差点が 2100m を示している。また、カメラ⑨が小松原トンネル西交差点、上り線カメラ⑩が小松原トンネル東交差点に該当することからこれをみると、7 時台はカメラ⑨の時間占有率も 100% 程度の数値を示している。カメラ⑩も最大で 60% 程度であり、時間占有率の閾値を 70% とすることで、これが渋滞末尾ではないことを判定できている。夕方は、16 時台に実績の渋滞長が 1,000m で、カメラ⑨の時間占有率も 80% に達している。目視による実績では、18 時台に一時的に 2,100m まで達しているが、該当するカメラ⑩の時間占有率は 20% 程度しかない。設定したエリアの手前まで渋滞が延びている状況であった。カメラ⑨は 17~19 時台の渋滞は再現できていた。

時間占有率 70% 以上を渋滞と判定することで、目視により判読した渋滞と概ね一致した結果になることを確認した。よって、時間占有率 70% 以上の位置を渋滞末尾と判定し、信号制御パターンを選択することとし、自動化

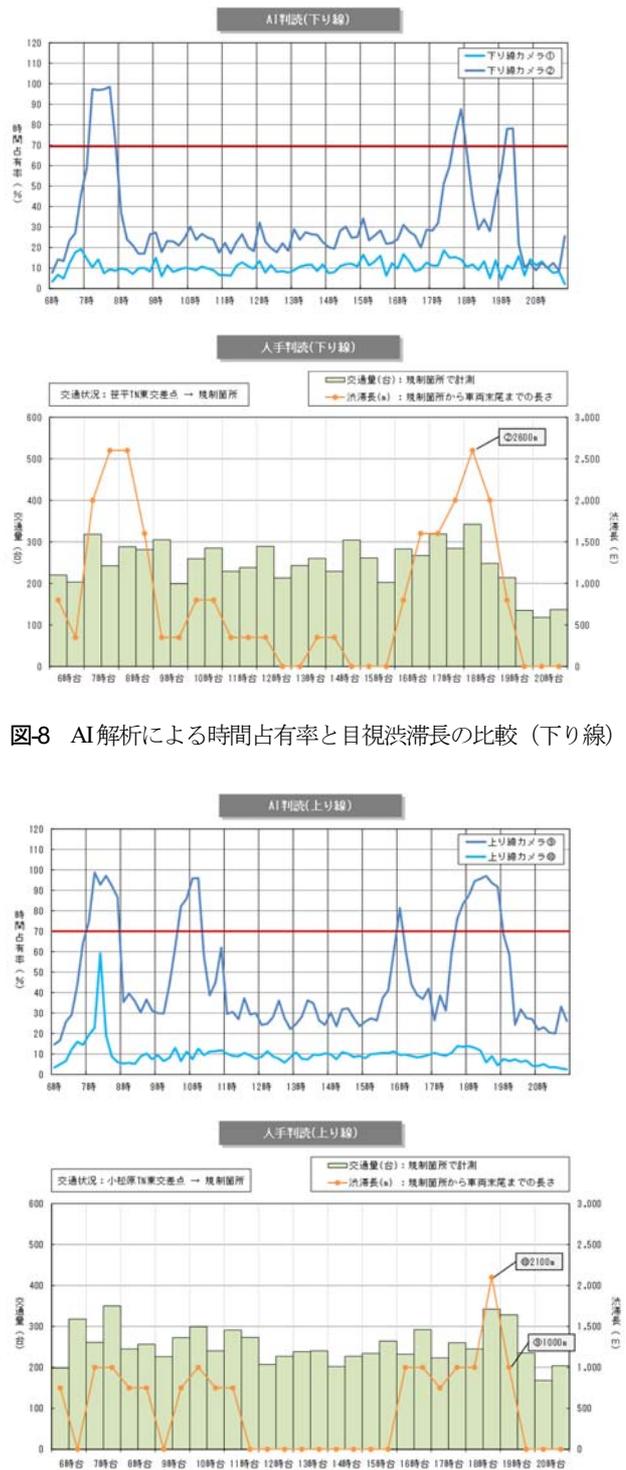


図-8 AI解析による時間占有率と目視渋滞長の比較（下り線）

図-9 AI解析による時間占有率と目視渋滞長の比較（上り線）

の検討を進めた。一部、目視との結果に乖離がある部分は、継続的に検証を行い、必要に応じてカメラごとに時間占有率の閾値を変更することも考えている。

(3) 信号機等ハードの整備

本システムには、プログラムで動作する片側交互通行規制用の信号機、司令室のパソコンと規制信号機をつな

ぐ Wi-Fi および Wi-Fi 受信機，外部インターネットを接続する LTE ルータが必要となる。

規制信号機については，（株）ヨシミエレクトロニクスがレンタルしている「スムーズ君」を用いた。本信号機は，外部との入出力が RS232C 経由で可能であり，かつ内部に信号制御パターンを保持するようにカスタマイズも可能であることから，採用した。司令室と信号機を結ぶ Wi-Fi は，Wi-Fi ルータを用いることで，LTE 回線との接続およびパソコンと信号機の接続も本機器を用いた。信号機への指令中継には，産業用ラズベリー Pi を用いて，USB 接続にて信号機の RS232C と接続を行い，ラズベリー Pi に Wi-Fi 受信機をつけることで Wi-Fi 経由でパソコンと信号機を接続し，データの入出力を可能とした。なお，信号機は親機と子機で構成されており，親機は下り線（松本→長野方面），子機は上り線（長野→松本方面）である。両者は信号現示を連動させることができる。

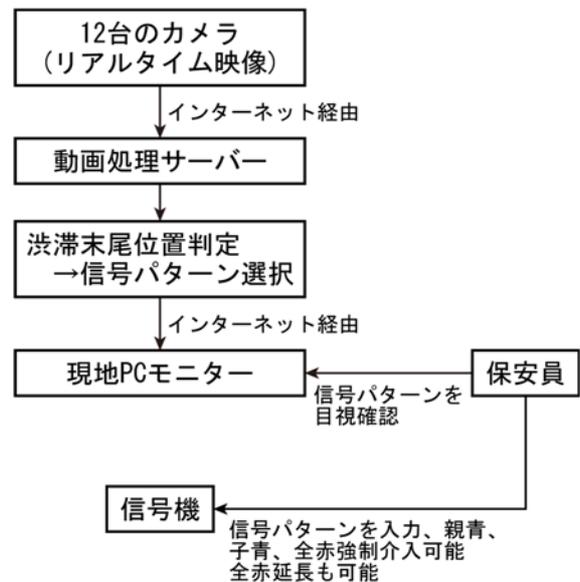


図-10 半自動制御システムフロー

(4) 信号制御自動化の検討

今後，各地で災害等の片側交互通行規制が発生した場合，目視による運用では，交通誘導員の高齢化，人手不足等が課題になる。そこで，可能な限り自動で運用を行う方法の検討を行い，実際に導入することで効果を把握することとした。

a) 半自動制御運用の検討

半自動制御運用に向けては，ライブカメラによる映像から，画像 AI 解析により自動的に 1 分周期で交通量，速度，時間占有率を算出することとした。時間占有率による渋滞末尾把握を行い，予め設定しておいた渋滞末尾位置と信号制御パターンの関係表からパターンを選択できるようにした。また，現地司令室に設置してあるパソコンへパターンを送信し，現地司令室に詰めている規制保安員が司令室に設置してあるパソコンに表示されるパターンを参考に，そのパターンを Wi-Fi 経由で信号機に指示することとした。

構成は図-10 のとおりであり，カメラ映像→（インターネット）→動画解析サーバーにより動画解析と信号制御パターン選択→（インターネット）→現地のパソコンに表示までを自動化し，最後表示された信号制御パターンをセットする作業は人手で行うものである。なお，緊急車両走行時や異常事象発生時は，規制保安員による介入を行うことで，瞬時にリモコンによる「親青」，「子青」，「全赤」の表示切り替えを可能とし，事象に対処できるようにした。

入力インターフェースを図-11 に示す。上段の親青，全赤，子青ボタンは，無線リモコンと同様手動での切り替えが可能なボタンである。現在のパターン（図中黄色枠内）は，現在動作している状況を示している。全赤 1 分 20 秒，親青 2 分，全赤 1 分 20 秒，子青 2 分のパターン

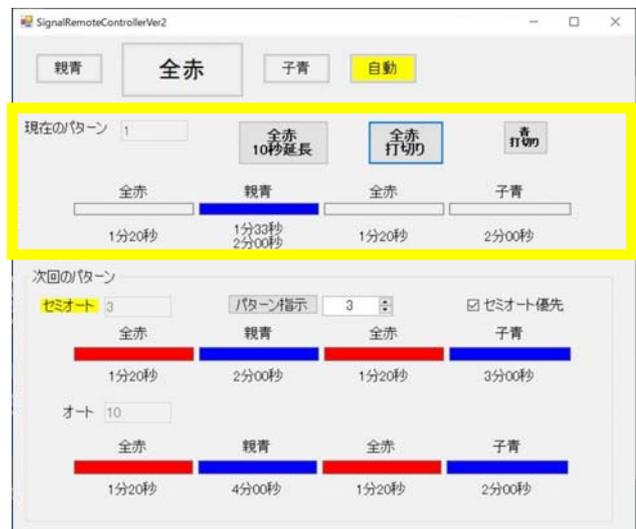


図-11 入力インターフェース

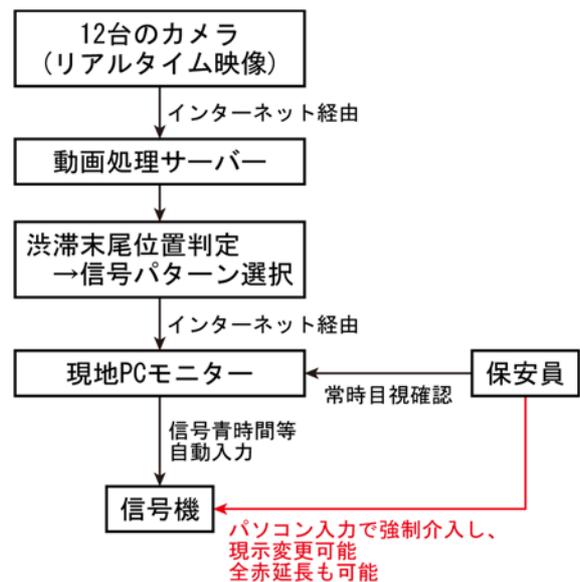


図-12 全自動制御システムフロー

で、現在の状況が着色され経過時間を示している。

なお、全赤時間は、規制区間が 300m であることから、30km/h (8m/s) で走行すれば 36 秒となる。しかし、赤現示で規制区間に進入する車両（信号無視する車両）の存在、脇道から国道 19 号への流入する車両の存在等により、実態としては 40～60 秒を要することがわかっていた。一方、自動制御運用時においても、交通管理者からは、すべての車両が通過し規制区間内が安全であることを確認してから青現示にすることを求められている。そのため、確実に安全確認を実施し、最後に規制保安員が全赤を終了させる作業は、どうしても自動にならない。そこで、設定する全赤時間を予めめ（1 サイクルあたり 1 分 20 秒）に設定し、安全確認後に全赤の打ち切りボタンを押すという方法を採用した。この方法は、全自動制御運用となっても、安全確認のためには必須な機能となる。

b) 全自動制御運用の検討

a) の半自動制御運用の場合、人手によるパターンの入力という作業が残るため、当該作業を自動化することを試みた。システム構成は図-12 のとおりである。現地のパソコンに送信されたパターンを、道路の反対側にある信号機へ送信して自動的にセットするものである。信号制御パターンのロジック等は、ここまで検討したものと同じであることから、容易に自動化を図ることが出来た。

5. AI オートマチック信号制御手法の検証

(1) 安全性検証

最終的には、リアルタイム映像の送信、画像解析、信号制御パターン選択、規制信号機への指示、信号機への中継（Wi-Fi、ラズベリーPi）の動作は安定していることを確認した。

一部、信号機の動きに不具合があった。これは、規制信号機が 429MHz を用いた小電力無線を用いていることから、現場近くで同じ回線を使っている機器が作動しており、混線していることが推測された。規制信号機は 1～8CH まで可変であるので、CH ごとに作動状況を確認したところ、1～2CH は動作不安定、3～8CH は安定した。そのため、最も周波数が遠い 8CH で運用し、問題なく規制信号機が作動していることを確認した。

(2) 確実性検証

半自動、自動制御の指示に対して、規制信号機側が確実に信号現示表示を出力・表示していることを確認した。

手動の親青、子青、全赤ボタンについても、すべて即時反応して現示が変わっていることを確認し、最も重要な全赤延長、全赤打ち切りボタンについても、確実に動作していることを確認した。



図-13 現地信号制御状況

(3) 自動化の課題

国道 19 号は、断面交通量が 2 万台/日程度、交通需要もピークは 2,000 台/時弱であり、2 車線道路の交通量としては少ない。したがって、6 時 30 分～19 時過ぎまでほぼ渋滞が発生し、規制信号機のみ運用は交通管理者からの要請もあって、困難な箇所であった。また、脇道から国道 19 号へ流入する車両もあることから、人手による運用が欠かせなかった。

工事規制区間内に車両がいなくなったことを確認したうえで信号制御運用を行うことが求められていることから、何らかの方法で規制区間内に車両が存在していないことを、自動で確認する手段を構築しない限り、全赤打ち切りについては、人手を介するシステムとなる。

6. まとめと今後の課題

7 月下旬にカメラを設置し、規制保安員によるライブカメラ監視による信号制御を行うことで、渋滞末尾を監視員のみで把握していたときに比べ、省力化かつ正確に把握することが可能になり、コントロールポイントに従い上下線の渋滞長をバランスよく制御してきた。

8 月から AI 画像解析によるオートマチック信号機の導入検討を進め、12 台のライブカメラ映像から、AI 動画解析が可能な仕組みを構築した。これにより、リアルタイム交通量、速度、時間占有率の算出と、時間占有率を用いた渋滞末尾位置の把握を可能とした。また、渋滞末尾位置から信号制御パターン選択する仕組みを検討した（図-13）。その他、画像解析サーバーから現地パソコン、現地パソコンから信号機へ入出力できるシステムを構築し、カメラ映像からオートマチックに信号制御することを可能とした。

今後の課題としては、現場状況に合わせた信号制御パターン選択実現性の検証、渋滞末尾位置から選択している信号制御パターンの正確性の検証、渋滞末尾位置把握のための時間占有率閾値の見直し設定、毎サイクル可変する全赤時間の設定、全赤時間打ち切りのための安全確認方法の高度化が挙げられる。

今回の対象としている国道 19 号は、1 日あたり 2 万台を超える 2 車線道路で、松本～長野の主要幹線道路であることから、通学通勤時間帯はどうしても交通容量を超過する交通需要があり、渋滞の発生は避けられない。カメラ監視により、両方向に延びる渋滞を如何にバランスよくコントロールできるかが目標となる。ライブカメラにより渋滞発生状況を可視化しただけでも大きな進歩であるが、さらに本研究で検討したような画像解析によるオートマチック信号制御がなされるようになれば、全国に多数ある片側交互通行規制のうち、かなりの箇所が無人工運用できるのではないかと考える。

最後に残るのは、信号制御時における規制区間内の安全確保となる。山中の道路であれば、規制信号機のみが設置され、カウントダウンしている信号機を見かけたことがあると思う。ただし、規制区間が長い箇所や、見通しが悪い箇所の場合は、必ず規制保安員を配置し信号機設置とあわせて人が手旗を振っている。そのような現場では、規制保安員同士で最終車両のナンバーを読み上げて確認を行う等の安全確認が実施されている。したがって、規制区間始終点におけるナンバープレートマッチングや、規制区間内に隙間なくカメラを設置して車両が存

在しないことを確認するなどの方法が確立できれば、解決できる可能性もあり、引き続き検討したい。なお、規制信号機横に車両センサーが設置されていて、検知してから設定した時間以上経過しても車両が到達しない場合、青時間や赤時間を打ち切るという機能をもった信号機は実用化されている。直轄国道のような重交通路線では、センサーが 100%稼働するという信頼性が担保できない限り適用することが困難なため、上記方法の確立に向けては、十分な検討余地があると考えられる。

参考文献

- 1) 安井一彦, 池之上慶一郎, 野村利充, 石崎実: 道路工事における交通流への影響を考慮した工法選択に関する事例検討—工事用感应式信号制御機の遅れ時間低減効果—, 土木計画学研究・講演集, Vol.18, No.2, pp.237-240, 1995.
- 2) 安井一彦, 池之上慶一郎, 野村利充, 石崎実, 武田薫: 工事用感应式信号機の試作と適用試験結果について, 建設マネジメント研究論文集, Vol.3, pp.229-236, 1995.
- 3) 鈴木貴雄, 池之上慶一郎, 安井一彦, 野村利充, 神田浩幸: 道路工事区間の交通運用管理方法についての基礎的研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.50, pp.24-25, 1995.
- 4) (一社)交通工学研究会: 平面交差の計画と設計 基礎編, 2018.
- 5) 下川澄雄, 芦田義則, 山口英樹, 大谷江二: 工事による渋滞損失額を算出するための簡易な方法の提案, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)特集号, Vol.66, No.1, pp.91-100, 2010.

(2021. 10. 1 受付)

A STUDY ON AI AUTOMATIC TRAFFIC SIGNAL CONTROL METHOD FOR ALLEVIATING TRAFFIC CONGESTION BY ROAD REPAIR WORKS

Jun MIURA, Yukio YOSHIDA, Masayoshi TAKESHIMA, Koichiro NAGAE, Yasuhiro NONAKA, Yasushi FUKAI, Takashi ISHIDA and Hideki YAGINUMA

Because of the landslides in Shinonoi, Nagano-City, there had been the emergency repair of Route 19 with road blocked since July 6th 2021. After that, in July 14th 2021, this repair was changed with alternating one-way traffic controlled. However, traffic congestion in the early morning and the night had become the serious problem. It was the urgent task to improve such traffic condition.

In this paper, AI Automatic Traffic Signal Control Method was examined in order to facilitate the traffic management during disaster recovery work. Specifically, we developed a system that automatically performs optimal and adaptive traffic signal control for alternating one-way traffic using portable CCTV cameras and real-time traffic measurement data by AI analysis. As a result, this system becomes more effective than the manual system in regulating alternating one-way traffic control, and improves the efficiency and sophistication of traffic management for congestion due to the construction.