

H27外環交通運用検討業務  
交通マネジメントシステム 設計書 別冊

# 合流支援システム 設計書 (案)

平成28年9月

# はじめに

## ■本書の位置づけ

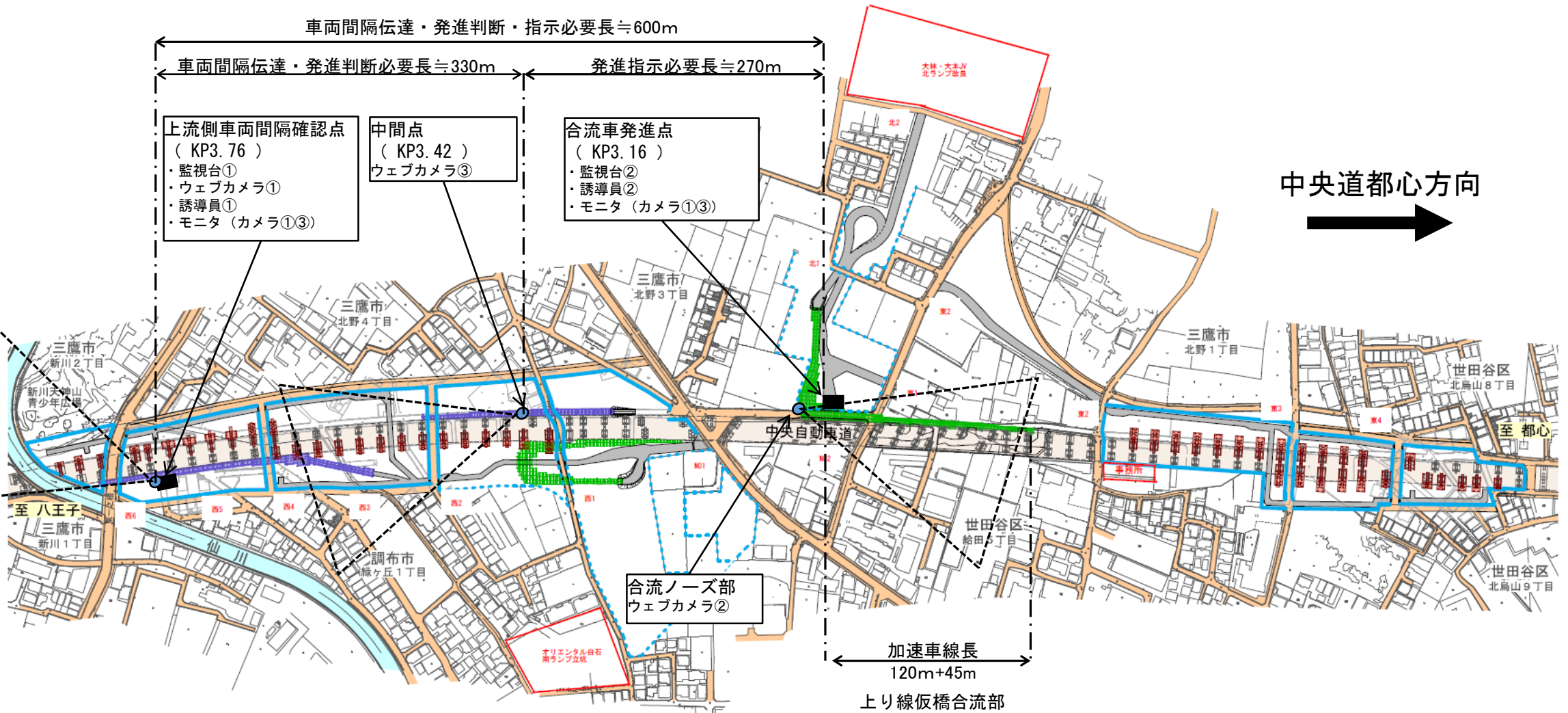
交通運用マネジメントシステムの検討成果のうち、合流支援システムに関して、システムの要件、システム構成、機能等の外部設計結果を取りまとめたものである。

## ■基本方針

合流支援システムの導入にあたっては、平成28年9月現在、中央JCTで実施されている合流支援方策（以下、「現行の合流支援方法」という）の実施状況を踏まえ、現行の合流支援方法と一体的な運用が可能となるようなシステムを構築するものとする。

# ■ 現行の合流支援方法

## 【機器および誘導員の配置】



# 【現行の合流支援方法の流れ】

## ＜誘導員等の役割＞

### ■ 誘導員①

- カメラ①並びに目視により車両間隔確認
- 誘導員②へ無線で先行車両特徴伝達（連続する2台の形・色）

### ■ 誘導員②

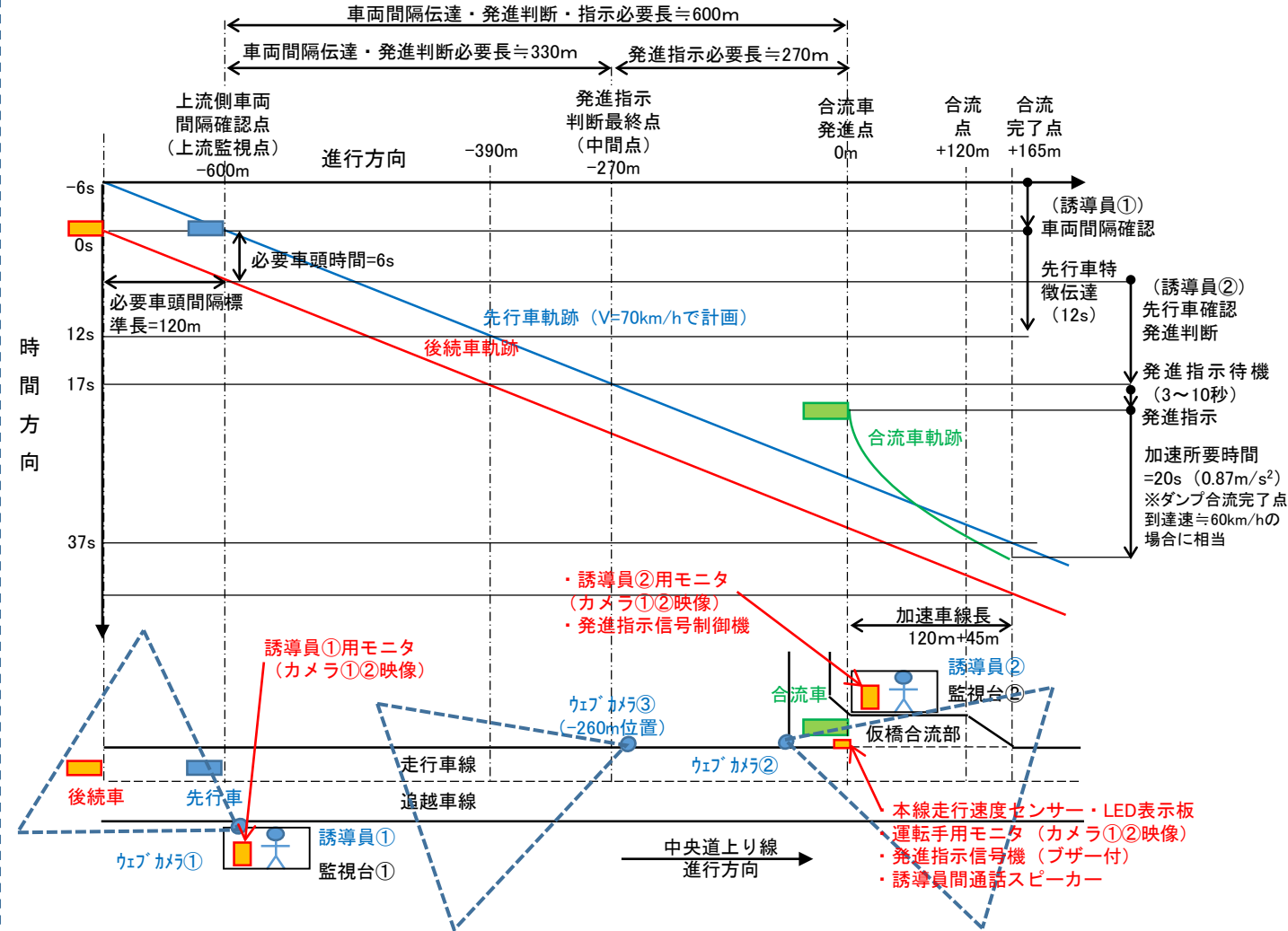
- 誘導員①からの無線連絡によりカメラ①③で先行車両確認
- 発進準備指示
- 本線走行速度により3～10秒程度の待機（経験値）
- 発進指示
- 合流確認後、次の合流車有無を誘導員①に通知

### ■ 運転手

- 発進点で発進待機（信号赤）
- カメラ①③並びに誘導員間通話状況を視聴
- 発進準備指示受領（信号黄）
- 発進指示受領（信号青&ブザー）
- 本線交通に注意して合流

## ＜その他の運用＞

- 走行車線混雑時（40～60km/h）は合流中止
- 渋滞時（40km/h以下）は本線50台通過につき1台合流
- 荒天時等50km/h規制時も合流中止



現行合流手法概念図

## 【運用フロー】

- 1 合流部（監視台②）の誘導員②が工事車両の存在を無線で誘導員①に伝える。
- 2 上流（監視台①）の誘導員①は目視で後続車との車頭間隔が120m（6秒）以上ある車両間隔確認点接近中の本線車両を特定する。
- 3 誘導員①は特定車両とその先行車（計2台分）の特徴（色・車種等）を、無線で誘導員②に伝える。
- 4 誘導員②は誘導員①からの無線連絡を受け、誘導員②用モニタ（カメラ①映像）で当該車両を確認する。
- 5 誘導員②は工事車両に発進準備の合図（黄信号）を送る。
- 6 誘導員②は誘導員②用モニタ（カメラ③映像）で更に当該車両を確認するとともに、特定車両の後方に割り込み車両が無いことを確認し、モニタの画角を特定車両が通過後、本線速度に応じて適宜待機し、工事車両に発進合図（青信号）を送る。
- 7 工事車両運転手は発進・加速し、安全を確認しながら特定車両の後方に合流する。
- 8 誘導員②は目視で工事車両が安全・円滑に合流したことを確認する。



# 【現場設備状況(監視台①)】



監視台①全景



ウェブカメラ①設置状況  
並びに上流側本線状況



下流側本線状況



監視台①モニタ画面  
(カメラ①③)



## 【現場設備状況(監視台②)】



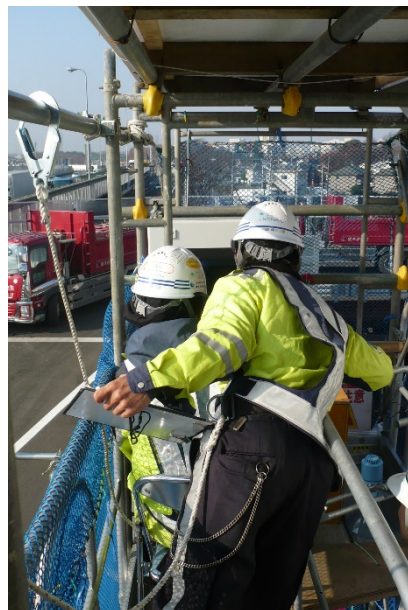
監視台②全景



- ノーズ部  
(監視台②より)
- ・ 運転手用モニター
  - ・ 発進指示信号機
  - ・ 本線走行速度センサー
  - ・ 速度LED表示板
  - ・ ウェブカメラ②設置状況



- ・ 本線走行速度センサー
- ・ 速度LED表示板



誘導員②作業風景



監視台②モニター画面 (カメラ①③)  
発進指示信号制御機



## 【現場設備状況(ノーズ部／運転手向け設備)】



ノーズ部運転手向け設備  
全景



運転手用モニタ画面 (カメラ①③)  
発進指示信号機&ブザー



誘導員通話聴取用無線機  
& マイク／スピーカー



# 1. 機能概要

## 1.1 機能① 車両の検知・速度の検出

- 中間点上流にセンサカメラを設置し、センシング技術を援用し、車両の検知および車頭時間の把握を行う。また、検知した車両の速度を検出する。

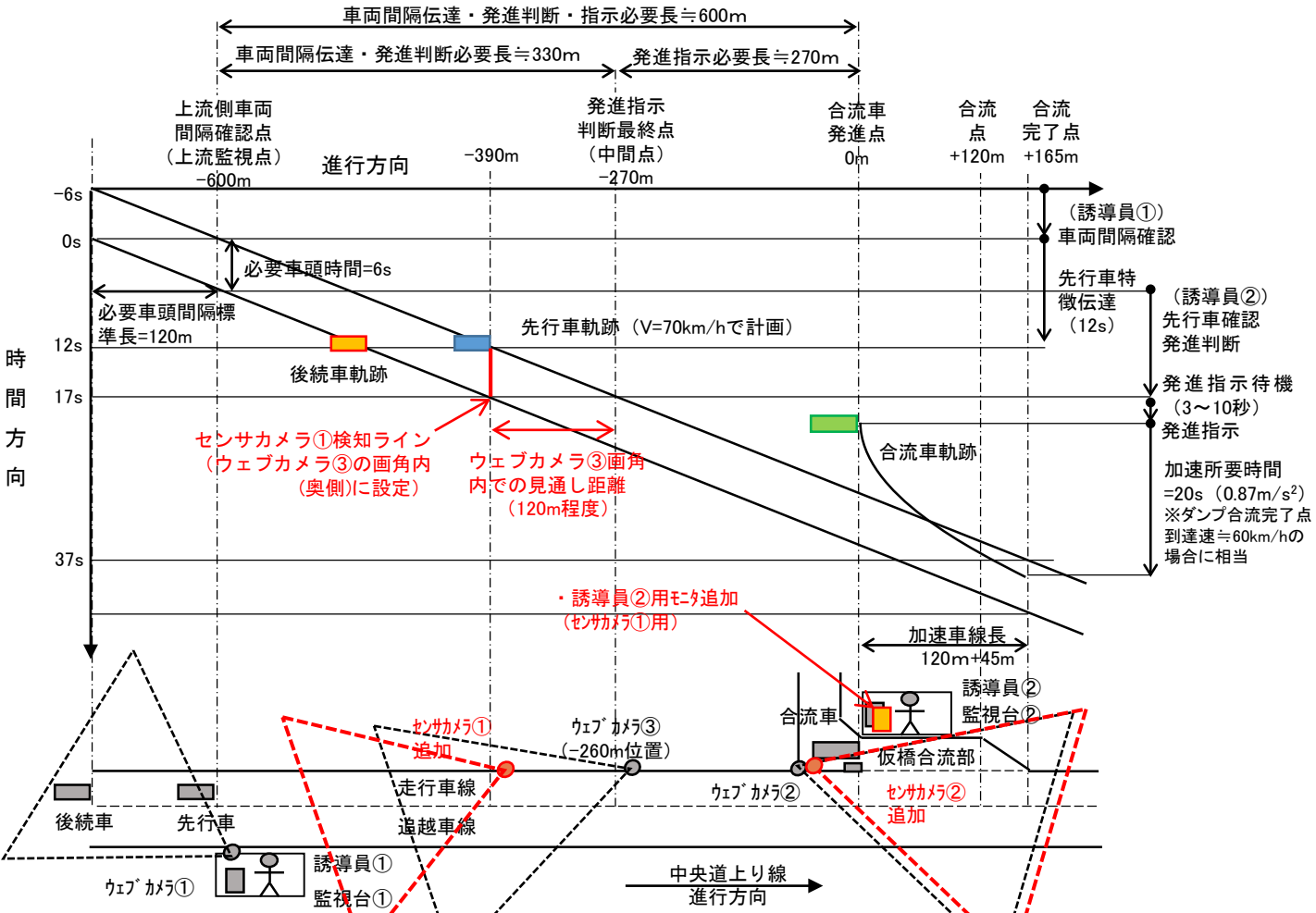


図1-1 機能概念図 (機能①)

### <主要機能等>

#### ■センサカメラ①

- ウェブカメラ③の上流側で個車の車頭時間、速度等を計測し、誘導員②に車頭時間、合流指示タイミングをリアルタイムに通知する (車頭時間が基準を下回った場合は通知しない)

#### ■誘導員②用モニタ

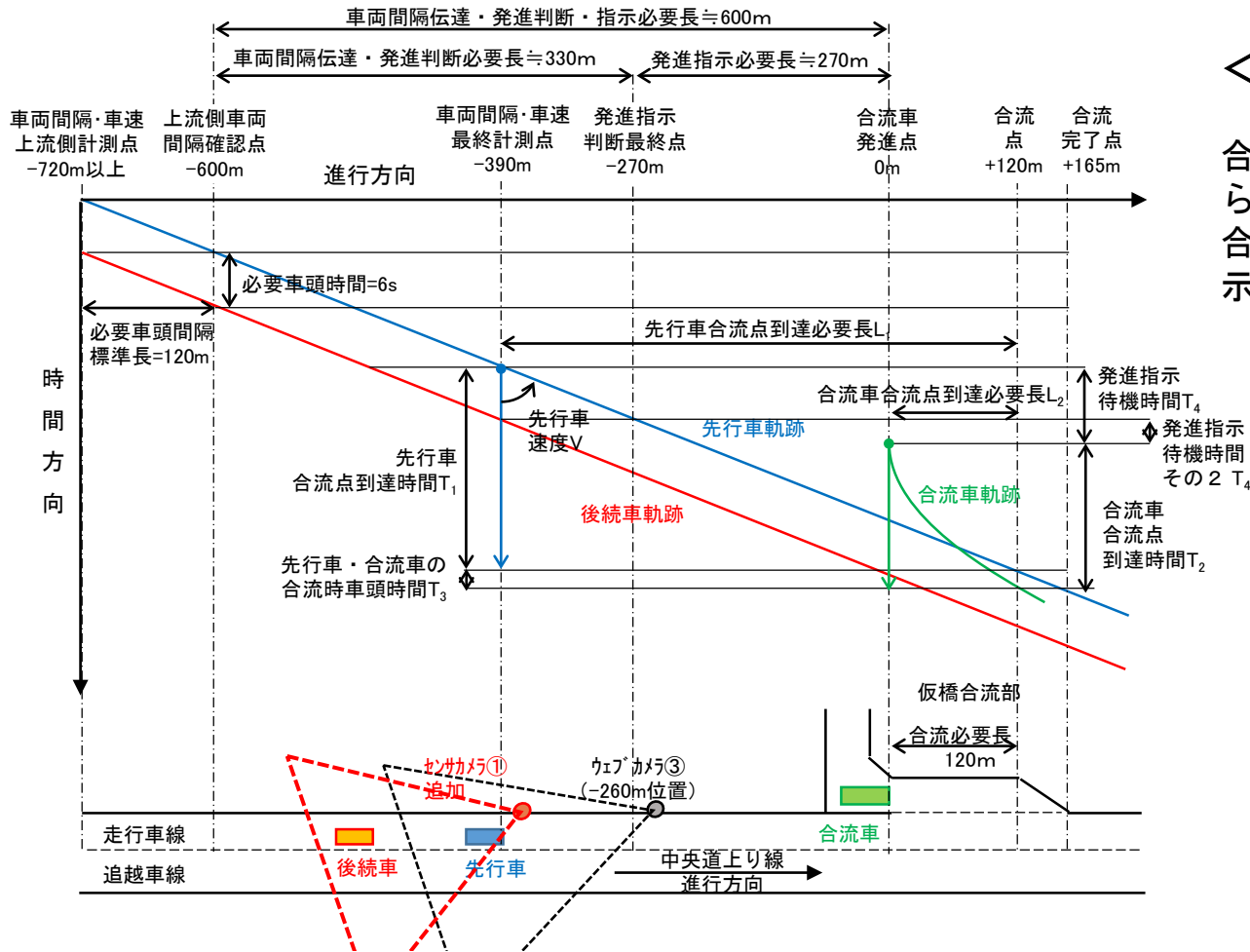
- センサカメラ①の出力を誘導員②に通知する。
- 音声による通知も行う。

#### ■センサカメラ②

- ウェブカメラ②位置で合流部の車両挙動を記録し、本支援システムの検証、継続的な改善に役立てる。

## 1.2 機能②: センサカメラ①による発進タイミング情報の提供

- センサカメラ①により、先行車の速度(一定と仮定)に応じた合流車の発進指示タイミングを算出し、誘導員に提示する。



### ＜発進指示タイミング算出方法＞

センサカメラ①位置からの先行車合流点到達時間 $T_1$ 、合流車発進点からの合流車合流点到達時間 $T_2$ より、合流車の発進指示待機時間(発進指示タイミング) $T_4$ を右式で算定。

$$T_1 = 3.6L_1/V$$

$$T_2 = \sqrt{(2L_2/a)}$$

$a$ : 合流車加速度  
( $0.87m/s^2$ )

$$T_4 = T_1 - T_2 + T_3$$

$T_3$ : 先行車・合流車の合流時車頭時間(2sとする)※可変

先行車の速度別発進指示待機時間						
先行車速度	先行車合流点到達時間	合流車合流点到達時間	先行車・合流車の合流時車頭時間	発進指示待機時間	発進指示待機時間その2※	
V	T1	T2	T3	T4	T4'	
km/h	sec	sec	sec	sec	sec	
120	15.3	16.6	2.0	0.7	-2.9	
110	16.7	16.6	2.0	2.1	-1.8	
100	18.4	16.6	2.0	3.8	-0.6	
90	20.4	16.6	2.0	5.8	1.0	
80	23.0	16.6	2.0	8.3	2.9	
70	26.2	16.6	2.0	11.6	5.4	
60	30.6	16.6	2.0	16.0	8.8	
50	36.7	16.6	2.0	22.1	13.5	
40	45.9	16.6	2.0	31.3	20.5	

※ 発進指示判断最終点通過からの待機時間

図1-2 機能概念図 (機能②)



# 1.3 機能③: 割り込み発生状況の監視

- 合流部ノーズ部から上流側を撮影する可視カメラを設置し、上流側での割り込みの発生状況を監視する。

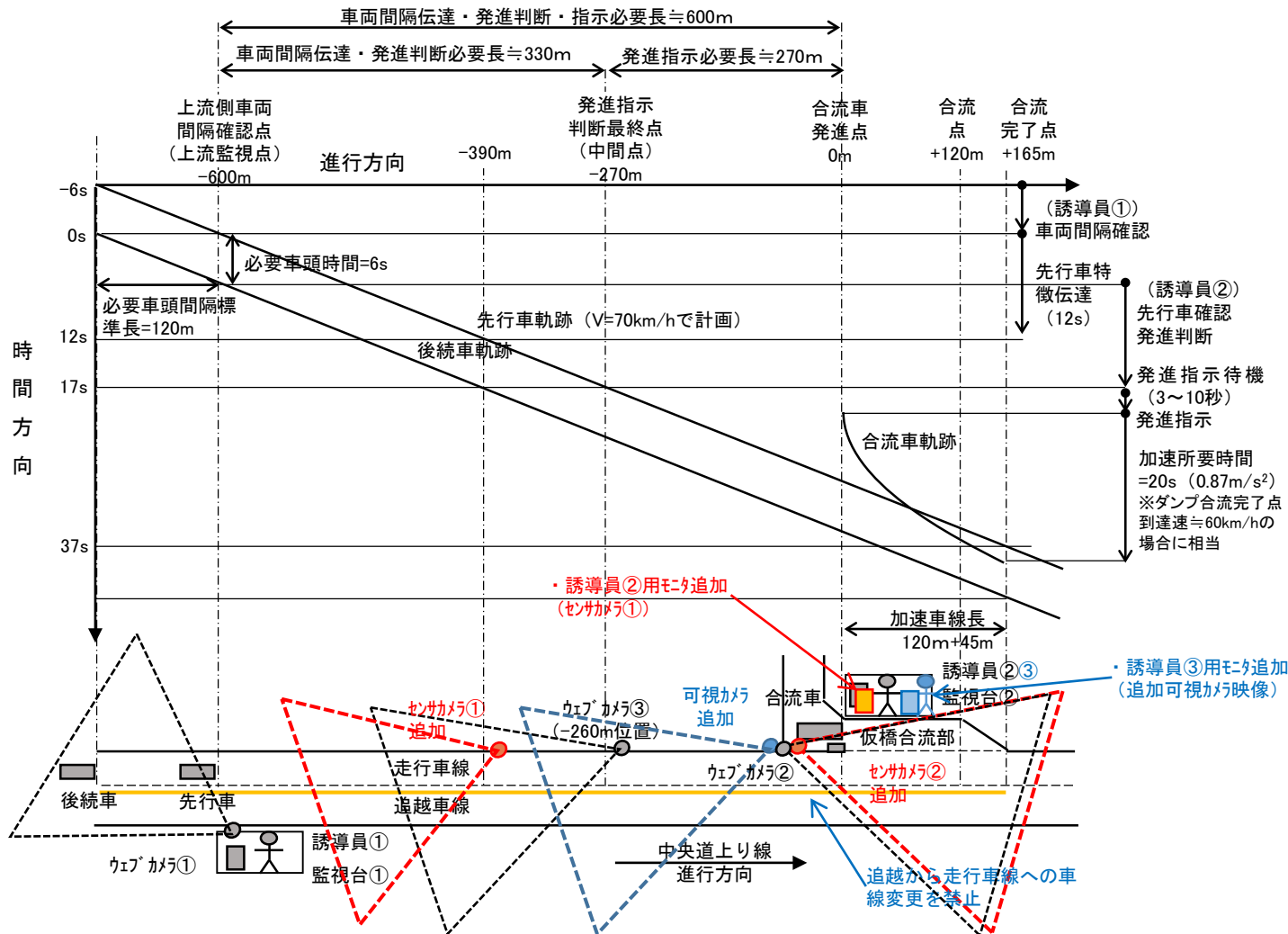


図1-3 機能概念図 (機能③)

## ＜主要機能等＞

### ■可視カメラ

- 監視台②から直視できない中間点～合流車発進点間の映像を誘導員②③に提供する。

### ■誘導員③

- 今後の合流車増を踏まえ、割り込み監視（追加可視カメラ）、合流確認等用に誘導員を追加。
- 割り込み等があった場合、合流車は既に発進しているため、運転手へのランシーバー等での伝達・注意喚起を今後検討する。

### ■誘導員③用モニタ

- 誘導員③へ割り込み監視用に追加可視カメラ映像を提供。

## 1.4 運用フロー

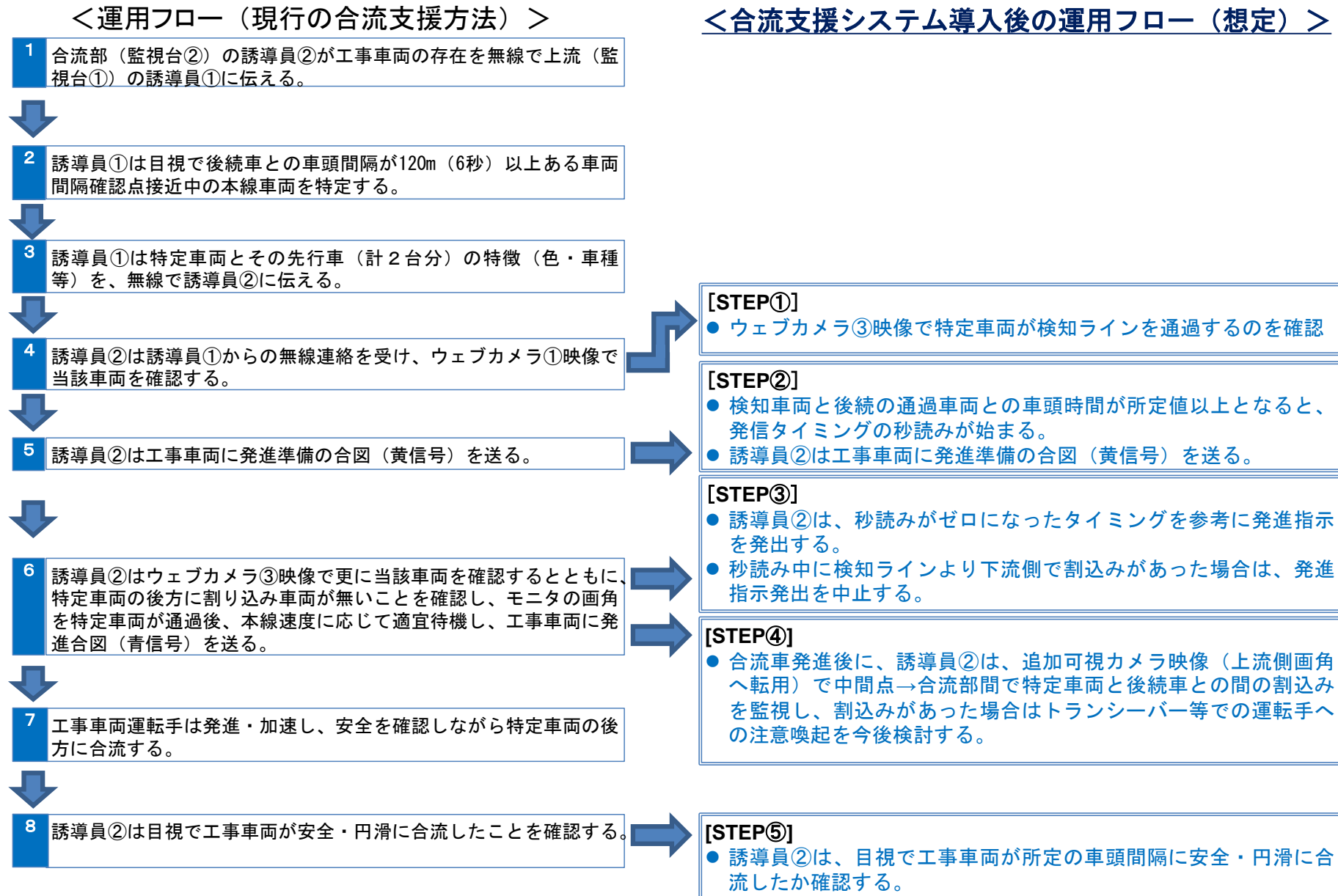


図1-4 運用フロー



# 2. 機器構成および要件

## 2.1 機器の目的および要件

合流支援システムにおける機器の目的および要件を下表に示す。

表2-1 機器の目的および要件

機器	目的	要件
センサカメラ①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本線車両間隔の把握・計測（画像処理）</li> <li>・ 本線交通状況／走行速度（上流側）の把握・計測（画像処理）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 夜間や荒天時にも目視により車両の特徴（色・車種等）を確認するため、ある程度高画質であること。</li> <li>・ 画像処理が導入できるカメラ仕様であること。（カメラ①④）</li> <li>・ ズーム旋回式であること（カメラ①④以外）。</li> <li>・ 故障時は容易（入手、設置など）に交換が可能なこと。</li> </ul> <p>→カメラ仕様（詳細）については、表2-2に記載。</p>
ウェブカメラ①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 誘導員①の視野の誘導員②への提示（合流ギャップの伝達）</li> </ul>	
ウェブカメラ②	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両間隔変化・割り込みの確認</li> <li>・ 先行車通過確認による合流車発進指示の判断</li> </ul>	
可視カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両間隔変化・割り込みの確認</li> <li>・ 先行車通過確認による合流車発進指示の判断</li> </ul>	
センサカメラ②	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合流部における安全・円滑な合流状況の確認</li> <li>・ 本線車両間隔、交通状況／走行速度（合流部）の把握・計測（画像処理）</li> </ul>	
運転手用モニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転席の窓際路側に設置し、本線交通状況（カメラ②映像）を運転手に表示する</li> </ul>	
発進指示信号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転手に待機／発進準備／発進指示を伝達する</li> </ul>	

合流支援システムにおけるカメラの仕様(詳細)を下表に示す。

表2-2 カメラ仕様(詳細)

項目	仕様
レンズ	30倍 (4.3mm~129.0mm)
必要最低照度	カラー動画 :0.5 lx程度 (電子感度UP有)
有効画素数	約240万画素
回転台部	水平回転範囲 0° ~ 360°
画像解像度(最大)	アスペ外比4:3時 4VGA(1280*960) アスペ外比16:9時 ハイビジョン(1280*720)
画像圧縮方式	H.264、JPEG
伝送速度	64Kbps~8Mbps
使用温度範囲	-30°C~+55°C程度



## 2.2 画像処理等仕様

センサカメラで収集したデータの画像処理等に関する仕様を下表に示す。

表2-3 画像処理等仕様

項目	画像処理等仕様	備考
車両認識・追尾	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個々の車両をリアルタイムに認識、ID付与、認識条件を表示・記録</li> <li>・個車の動きを追尾</li> </ul>	
走行速度計測 交通状態判定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検知ライン間によりID別に個車の走行速度を算定・表示・記録</li> <li>・設定した集計間隔(1分)、移動平均時間(5分)による平均速度(車線別)を算定・表示・記録</li> <li>・平均速度により交通状態(自由流、混雑、渋滞)を判定・表示・記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集計間隔は可変とする(1~15分)</li> <li>・集計時間は可変とする(1~15分)</li> <li>・移動平均時間は可変とする(1~15分)</li> <li>・交通状態判定の定義は以下とする(可変)</li> <li>自由流: 60km/h超</li> <li>混雑: 60km/h以下</li> <li>渋滞: 40km/h以下</li> </ul>
車頭時間計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検知ラインにより、個車通過後の車間継続時間をリアルタイムに計測、表示</li> <li>・設定時間(6s)経過でアラームを表示する。</li> <li>・後続車両の通過で車頭時間を算定し、先行車のIDに紐付けて記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設定時間は可変とする</li> </ul>
車頭距離計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検知ラインにより、個車通過後の車間継続時間をリアルタイムに計測、表示</li> <li>・設定時間(6s)経過でアラームを表示する。</li> <li>・後続車両の通過で車頭時間を算定し、先行車のIDに紐付けて記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設定時間は可変とする</li> </ul>
音声通知	<ul style="list-style-type: none"> <li>・合流車への発進指示までの時間(秒数)を、発話により誘導員へ伝達する</li> </ul>	
その他機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検知ラインの設定</li> </ul>	

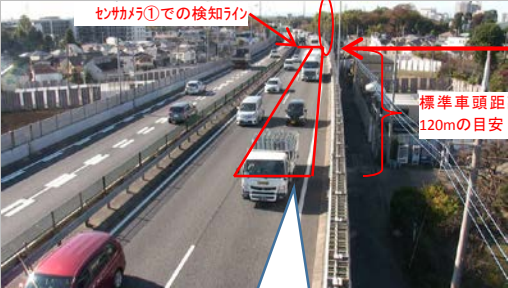
- 誘導員②は基本、ウェブカメラ②のモニタ(既設)を監視している。ウェブカメラ②モニタ上にセンサカメラ①検知ラインを引いておくことで先頭車を確認し、その接近とともに、後続車(表示No0)の通過タイミングで先行車(表示No1)との車間を最終確認できる。

### 誘導員②用モニタ(既設)

ウェブカメラ①



ウェブカメラ③



同一ライン(ウェブカメラ③とセンサカメラ①)は画角をラップさせる

- センサカメラ①では個車にIDを振り、検知ライン通過直後に個車の通過時刻と速度、合流車発進までの目安時間をリアルタイム(概ね1秒以内※)に計算・表示。(表示No0)
- 後続車の通過で通過済みの先行車との車頭時間、先行車速度と車頭時間から計算される車頭距離を表示。(表示No1)

- 車両が検知ラインを通過する毎にデータが計算処理され、リアルタイムにスクロール表示する。

※リアルタイム処理における処理遅れは、時刻同期により表示上の実時間での遅れは生じさせないものとする。

### 誘導員②用モニタ(追加)イメージ(センサカメラ①用)

センサカメラ①

YYYY年MM月DD日  
13時00分47秒00

※画像はウェブカメラ③の映像(実際は120m上流の映像となる)



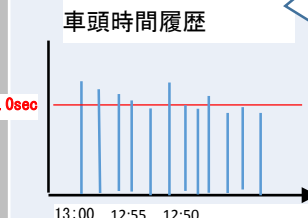
車線別集計データ			
車線区分	追越	走行	データ定義
平均速度(km/h)	97.7	75.4	5分平均値(1分間移動平均)
交通量(台/5分)	67	48	5分平均値(1分間移動平均)
交通状態判定	自由流	自由流	自由流: 60km/h超 混雑: 60km/h以下 渋滞: 40km/h以下

表示情報が多いので、全てを1画面で表示するのではなく、画面切り替えによる表示なども検討する。

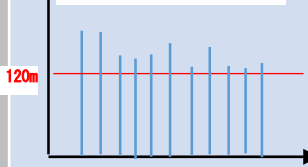
個車計測データ			選択車線=走行				発進タイミングインジケータ(sec)
表示NO	車両ID	通過時刻	速度(km/h)	合流車発進までの時間(sec)	後方車頭時間(sec)	後方車頭距離(m)	
0	000120	13:00:45.00	70.3	11			■■■■■■■■■■■■■■■■
1	000119	13:00:38.00	75.0	10	7.00	145.8	□□□□□□□□□□■■
2	000118	13:00:32.00	75.0	10	6.00	125.0	□□□□□□□□□□□
3	000117	13:00:26.00	70.0	11	6.00	116.7	□□□□□□□□□□□
4	000116	13:00:20.00	75.0	10	5.00	104.2	□□□□□□□□□□□
5	000117	13:00:14.00	70.0	11	7.00	136.1	□□□□□□□□□□□

車頭時間/車頭距離履歴

選択車線=走行



車頭距離履歴



計測された車頭時間、車頭距離がグラフで表示され、時間経過と共に現在までの推移がスクロール表示される。

目安とする基準時間や距離が表示される。

- 発進タイミングインジケータで発進までの残時間をリアルタイム表示する。

- 基準車頭時間(可変)を下回っている場合は警告表示され、発進タイミングインジケータ、音声は消滅する。

- 10秒中、残り1秒であることを意味する(例)
- 音声でも10,9,8,7...と秒読みされる。

- 先頭車のセンサカメラ①検知ライン通過後、この枠を通過するまでの間に先頭車を確認しつつ、その間に後続車があれば適切な車間が空いていないこととなり、合流はキャンセルとなる。

図2-1 画像処理イメージ



## 2.3 センシング方式

- 信頼性の観点からは電波方式が望ましい。(可視映像を確保するため、可視カメラも併設する)
- 早期導入を図る上では既製品の適用が望ましいが、本支援システム特有の計算処理やGUI部分等の作り込みにより導入までの期間が影響を受けるため、具備機能の優先順位等を勘案した段階的導入も考慮する必要がある。

表2-4 センシング技術比較表

区 分		画像処理方式		電波方式	備 考
		可視カメラ	赤外線カメラ	マイクロ波	
環境条件	夜間	×	◎	◎	
	霧・雪	△	△	◎	
探知距離		○	○	◎	
車両判別 (目視)	形状	◎	◎	× (◎※)	※可視カメラ併設した場合
	色	◎	× (◎※)	× (◎※)	※同上
個車軌跡データ取得		×	△	◎	
総合評価		△	○	◎	

凡例  
◎非常に優れる  
○優れる  
△やや劣る  
×劣る

## (参考)電波方式(マイクロ波センサ)

- マイクロ波は無線電話などに使用される電磁波であり、周波数が低く(300MHz~30GHz)波長が長い。夜間や霧・雪などの影響を受け難く、探知距離が長い。
- マイクロ波より周波数の高い電磁波としてミリ波(30GHz~300GHz)があり、車両への登載用レーダとして開発が進んでいる。マイクロ波に比べて波長が短いため、装置の小型・軽量化が可能であるが、探知距離は短くなり、現状では部品コストが高い。
- 国内における交通流計測用のマイクロ波センサの製品例を以下に示す。



### <製品仕様例>

- 最大64までの移動物体を同時に計測、トレース可能
- 速度検知範囲1-300km/h
- 車線毎・計測線毎にデータ取得可能
- 様々な検出条件による接点出力機能具備
- 広い動作条件(環境温度-40~85°C、IP67)
- 日本国内電波法の技術基準適合証明済み
- センサー設置高さは6~10mが推奨値

図2-2 交通流計測用マイクロ波センサの製品例

# (参考) マイクロ波センサによる計測データ出力イメージ

- 個車の動き(軌跡)を計測し、リアルタイムに平面展開し、可視化することが可能。
- 任意の検知ラインにおける車線毎の車頭時間、速度等の算定が可能であり、本合流支援システムにおけるセンサとして有効。
- 軌跡データ(微小時間間隔の位置)等を記録しておくことで、本支援システムの効果検証(適切に合流しているか等)、今後の改善検討に役立てられる。

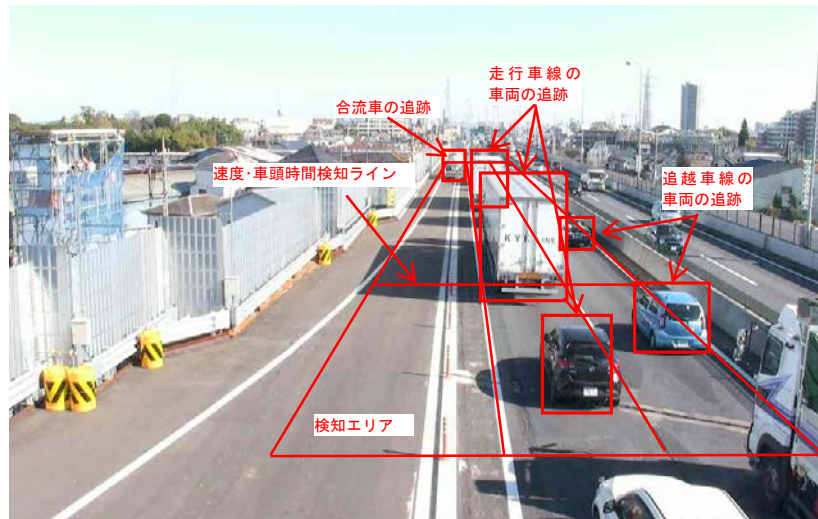


図2-3 合流部(センサカメラ②位置)でのセンシングイメージ

DR3\_TMConfigurator

Controller: HW Monitor

Replay: Record

CANData File Source: -2\test0129-2.dr2 (11723 KB, 11:18.55/14:41.79)

Video: -2\test0129-2.avi (1753665 KB, 11:18.31/14:41.75)

HW Monitor: No CAN-HW found! RX: TX

- CAN1 1000k settings
- CAN2 100k reinit
- CAN via RS485 settings reinit
- CAN1 115200 RX:0 TX:0 B:0
- CAN via LAN settings reinit
- RS485 via TCP settings reinit change

TMCConfigurator

TMC Mode: Alignment Intersection Statistic Full

Configure SensorInfo Alignment Lanes MeasLines Polygons StatisticsSetup StatisticsDisplay

TriggerSetup

Sensor 0

Next Statistic Update: 5s

Firmware Ver.: Model No.: Serial No.:

	Undef.	Ped.	Bike	S Car	Truck
Presence	0	0	0	0	0
Wrong Dir.	0	0	0	0	0
Headway [s]	2.8				
Gap [s]	2.6				
Volume	0	0	1	7	1
Occupancy [%]	0	0	0.33	3.37	1.42
Avg. Speed [km/h]	0	0	-80.65	-82.08	-76.44
85p. Speed [km/h]	0	0	-81	-85	-76

平面展開された車両軌跡の表示

反対車線の車両(計測対象外)

車線割と車両の走行状況の表示

センサ設置位置

併設可視カメラの映像

図2-4 マイクロ波センサによる計測データ出力例



### 3. ネットワーク構成

- 既設設備にマイクロ波センサ(可視カメラ併設)、PC、モニタ等を以下のように追加する。(既設システムと要調整)
- 外部での閲覧もできるよう、インターネットに接続する。

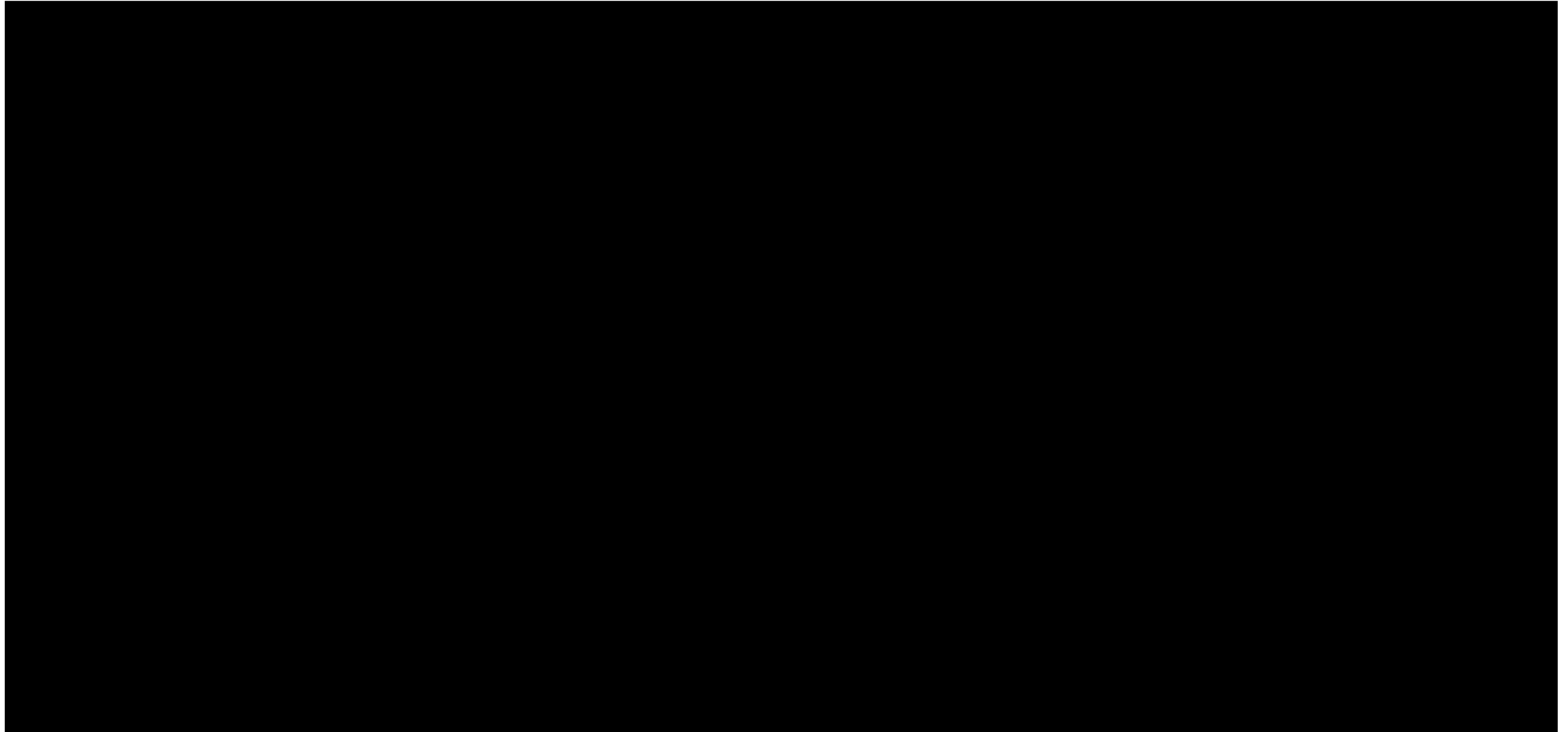


図3-1 ネットワーク構成

# 4. 概算費用

合流支援システムの導入に関する概算費用を下表に示す。

表4-1 概算費用

千円(税抜き)

		画像処理方式	電波方式	摘要		
		画像処理カメラ	マイクロ波センサ			
システム 関係費	センサ部 (制御部含む)			・3箇所 ・可視カメラ併設		
	サーバ部 (ハードウェア関係)			・現地設置場所に係わる費用は除く ※1: 画像処理方式はメディアコンバータ等含む		
	(処理ソフトウェア関係)			※2: センサ方式のソフトウェアはレンタル(3年間で計上)、GUI等のカスタマイズ費含む		
計						
共通費	センサ部路側設置費					・3箇所 ・設置時の工事規制費等は除く
	監視台機器(ノートPC、 音声ガイダンススピーカ)					・現状監視台のスペース等を考慮し、屋外型ノートPCを想定(追加可視カメラ用モニタ含む)
	電源工事費	・屋外橋梁下露出配線(敷設長1000m想定) ・CV8SQ-2C想定				
	通信工事費	・SM-8C(SZ) ・光接続+試験調整				
	配管工事費	・FEP50				
	計					
合計						

- 交通流計測用のマイクロ波センサは事例が少なく、必要な信号が出力される製品事例を対象に算定。  
(ソフトウェアはレンタル形式を想定し、3年間の使用料で算定)

# 5. システム構築スケジュール

- システム開発は1ヶ月程度を想定する。
- 現地での電源／通信ケーブル等工事は関係者間での種々の調整が想定され、運用開始時期はそのスケジュールに影響を受ける。
- センサー等の照明柱への設置は工事規制が必要。

表5-1 システム構築スケジュール

項目	所要月数			備考
	1	2	3	
システム開発	[Gantt bar from start to end of month 1]			
センサ、PC、サーバ等機器調達	[Gantt bar from start to end of month 1]			
電源／通信ケーブル等調整／工事	[Dashed Gantt bar from start to end of month 1]			
センサ、PC、サーバ等現地設置調整／設置	[Dashed Gantt bar from start to end of month 1]			<ul style="list-style-type: none"> <li>・設置場所等要調整</li> <li>・センサ等照明柱設置時は工事規制必要</li> </ul>
インターネット接続	[Gantt bar from start to end of month 1]			
現地調整／試験	[Gantt bar from start to end of month 1]			
運用	[Gantt bar from start to end of month 3]			

工事、機器設置等の  
 現地関係の調整・実施等の期間により、以降の工程が影響を受ける。