

実施結果報告書

ビデオ判定支援装置に関する調査研究

一般財団法人日本サイクルスポーツセンター



この研究事業は、競輪の補助を受けて実施しました。

【目次】

I. はじめに	4	1. ビデオ判定支援装置の改善(数量・設置位置等).....	18
1. 本書について.....	4	1.1. 複数カメラによる全周詳細撮影.....	18
II. 事業の目的と概要	4	1.2. 全体俯瞰撮影.....	35
1. 目的.....	4	2. 走行追尾カメラ実証実験.....	38
2. 概要.....	4	2.1. 既存製品のレーダーによる走行追尾 ...	38
III. 体制	5	2.2. 全周詳細カメラによる走行追尾.....	45
IV. 全体工程	6	VII. 考察	48
V. 調査・研究計画	7	1. ビデオ判定支援装置の改善(数量・設置位置等).....	48
1. ビデオ判定支援装置の改善.....	7	1.1. 複数カメラによる全周詳細撮影.....	48
1.1. 検証システム.....	7	1.2. 全体俯瞰撮影.....	49
1.2. 複数カメラによる全周詳細撮影.....	12	2. 走行追尾カメラ実証実験.....	51
1.3. 全体俯瞰撮影.....	13	2.1. 既存製品のレーダーによる走行追尾 ...	51
2. 走行追尾カメラ実証実験.....	13	2.2. 全周詳細カメラによる走行追尾.....	52
2.1. 目的.....	13	3. 将来の展望.....	53
2.2. 検証内容.....	13	3.1. 審判判定装置改善.....	53
2.3. 既存製品のレーダーによる走行追尾....	14	3.2. コース上の走行車自動追尾.....	53
2.4. 全周詳細カメラによる走行追尾.....	16	3.3. 大会運営管理システム.....	54
3. 検証スケジュール.....	17	3.4. 走行タイム連携.....	54
VI. 調査・研究結果報告	18		

I. はじめに

1. 本書について

本書は「自転車競技の競技運営力向上に資する装置・機器の開発に関する調査研究事業」の伊豆ベロドロームのビデオ判定支援装置に関する調査研究において、検証業務の実施結果報告をまとめたものである。

本書で記載している検証の画面や機能等は検証実施時(2023年3月)のものであり今後変更の可能性がある。

II. 事業の目的と概要

1. 目的

伊豆ベロドロームにおいて、自転車競技大会やトレーニングにおける走行分析に活用可能なビデオ判定装置開発に向けた調査研究を実施し、レガシー施設として競技者・指導者・運営者が満足できるような施設環境を整え、自転車競技の普及と関連機械工業の振興を目指す。

2. 概要

全体俯瞰撮影が可能なカメラと複数カメラによる全周詳細撮影によりトラック全体で選手のゼッケンが確認できるビデオ判定装置を完成させる。これにより選手の育成・強化、エンターテインメント性の高い大会を開催するなど、他スポーツに負けない魅力ある競技を可能とし、大会運営面での大きなアドバンテージを勝ち取る。

また、トレーニング面では、ナショナルトレーニングセンター競技別強化拠点としての価値や利用頻度が高まることから、これまでも増して自転車競技の普及と自転車競技力の向上に寄与する。

二つ目として、設置したカメラを使用した手動による追尾撮影を実施し、自動追尾要件の実験・調査を行う。

III. 体制

本委託は下記の体制で実施する。

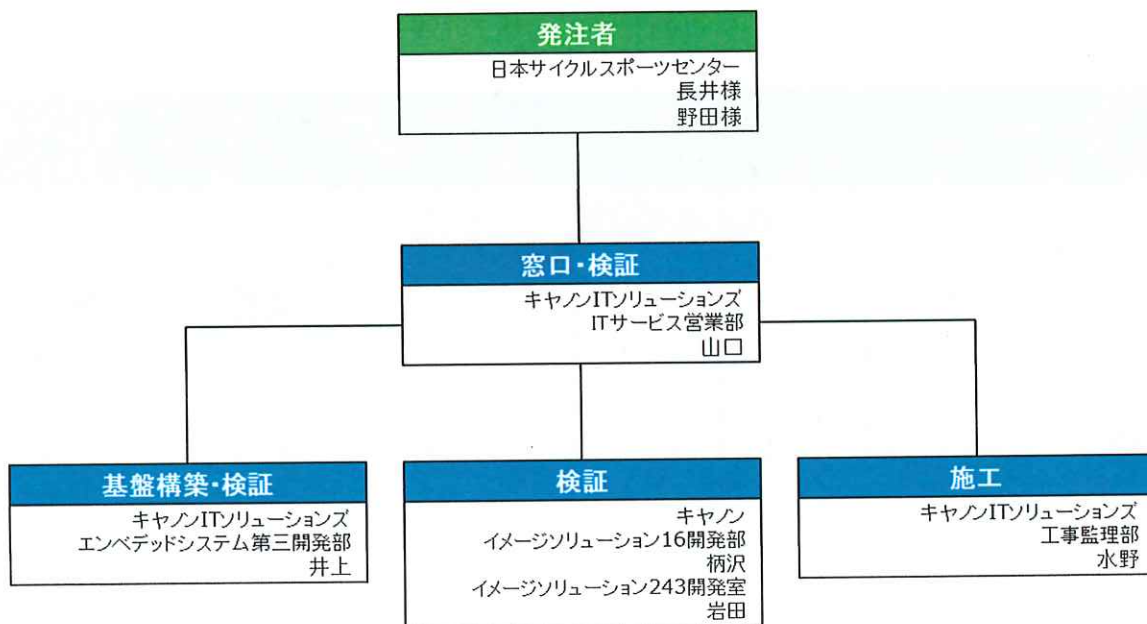


図 III-1 体制図

IV. 全体工程

本委託は下記の工程、スケジュールで実施する。

表 IV-1 全体工程表

種別	2022年 11月			12月			2023年 1月			2月			3月		
(1)実施計画作成	■	■	■	■	■	■									
(2)部材調達							■	■	■	■	■	■	■		
(3)機器設定・動作確認															
(4)実証実験															
(5)結果分析															
(6)報告															

V. 調査・研究計画

1. ビデオ判定支援装置の改善

現在のビデオ支援装置では 2 台のカメラでトラック全周を撮影、録画しているが、拡大時に選手のゼッケンが確認できず、正当な判定が難しかった。

本研究では上記の課題を改善し正確な判定支援が行える装置を構築することを目指す。

1.1. 検証システム

複数のカメラによる全周詳細撮影と全体俯瞰撮影により高精細で判定可能な画像取得を可能とし、監視・解析アプリケーションを組み合わせることにより一体的なシステムを構築する。

(1) システム構成

本研究で使用するシステムは、映像管理サーバにて全周詳細カメラや全体俯瞰カメラの映像を集約・配信し、クライアント PC にて撮影映像の確認を行う。

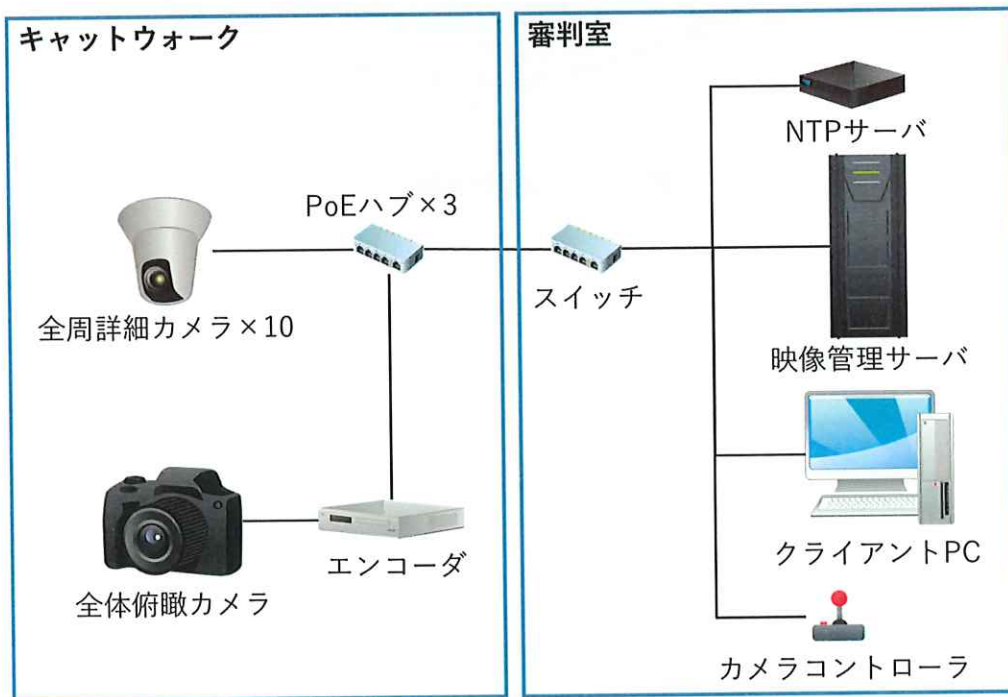


図 V-1 システム構成図

本システムでは、Milestone Systems XProtect を利用して実現する。

(2) カメラ配置

カメラ配置を図 V-2 カメラ設置図に示す。

全周詳細カメラは全 10 台を①～⑩、全体俯瞰カメラは⑪に設置する。

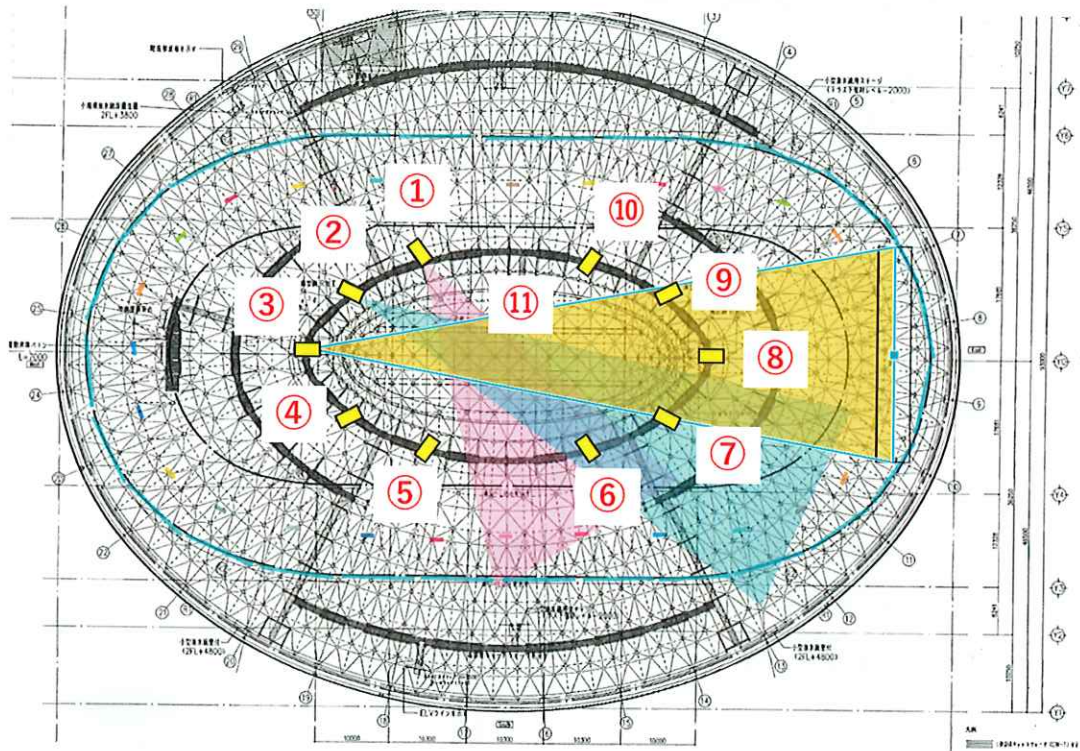


図 V-2 カメラ設置図

(3) ハードウェア構成要素

表 V-1 ハードウェア構成表

項目	数量	機種・説明	設置場所
映像管理サーバ	1	映像データの集約・配信、およびクライアント機能 [機器仕様] DELL PowerEdge T550 CPU: Intel Xeon Silver 4309Y CPU @ 2.80GHz 2.79 Memory: 64GB Disk1: 480GB SSD*2 (RAID1) Disk2: 2.4TB SSD*5 (RAID5) OS: Windows Server 2019 Standard	審判室
クライアント PC	1	映像データの確認 [機器仕様] CPU: AMD Ryzen 9 7900X 12-Core Processor 4.70GHz Memory: 64GB Disk: 5TB SSD OS: Windows 10 Pro Graphic: NVIDIA GeForce RTX 4090	審判室
ディスプレイ (クライアント用)	2	デュアルディスプレイ構成 [機器仕様] LG 32UN550 32 型	審判室
カメラコントローラ	1	全周詳細カメラ操作用コントローラ [機器仕様] Canon RC-IP100	審判室
NTP サーバ	1	カメラ、サーバ、クライアントの時刻同期 [機器仕様] TAKACOM TSG-100	審判室
L2 スイッチ	1	サーバ・クライアント・キャットウォーク HUB との接続 [機器仕様] NETGEAR MS510TXM	審判室
全周詳細カメラ	10	全周詳細撮影カメラ [機器仕様] Canon CR-N500	キャットウォーク
全体俯瞰カメラ	1	全体俯瞰撮影カメラ [機器仕様] Canon EOS R5 C Canon EF8-15mm F4L	キャットウォーク
エンコーダ	1	全体俯瞰撮影カメラ用エンコーダ [機器仕様] STRASSE UHVS-8500	キャットウォーク
PoE ハブ	3	全周詳細カメラ給電、L2 スイッチと全カメラとの接続 [機器仕様] Panasonic MGA-ML4TWPoE++	キャットウォーク

(4) ソフトウェア構成要素

表 V-2 ソフトウェア構成表

項目	数量	説明
XProtect Express+	1	Milestone Systems 社が提供している VMS。 ※Video Management System ネットワークカメラの映像データの集約・配信・管理を行うサーバソフトウェア。
XProtect Smart Client	2	Milestone Systems 社の提供しているクライアントソフトウェア。 XProtect サーバに接続して、映像の受信、録画の再生などを行う。 アドオンの追加が可能で、全体俯瞰映像のデワープは、アドオンソフトウェアを介して行う。
Milestone XProtect 360 Split View Plugin	2	Milestone Systems 社の提供している魚眼カメラ映像をデワープするプラグインソフトウェア。 全体俯瞰カメラの映像を参照しやすいように画像処理を行う。

(5) 機能

本システムでは下記の機能を搭載する。

表 V-3 機能表

No	対象	機能	実現方式
1	サーバ・クライアント	カメラ映像の閲覧する	XProtect 標準機能
2	サーバ・クライアント	カメラ映像を蓄積し、過去映像の閲覧をする	XProtect 標準機能
3	クライアント	全体俯瞰カメラ映像を参照しやすいように魚眼補正する	Milestone XProtect 360 Split View Plugin
4	全周詳細カメラ・カメラコントローラ	全周詳細カメラを操作する	全周詳細カメラ、コントローラ標準機能

(6) 画面イメージ(クライアント)

専用アプリケーション(Smart Client)を利用して、全周詳細カメラ、全体俯瞰カメラ映像の閲覧を行う。

映像参照方法切替
 ライブ：ライブ映像の再生 エクスポート：録画映像の出力
 再生：録画映像の再生

ライブ
再生
エクスポート

カメラ映像表示領域
 [表示カメラ切替]で選択した状態を表示する



録画映像再生時間指定
 再生/逆再生、再生日時、
 コマ送り/戻し、再生速度を操作
 ※[映像参照方法切替]で“再生”を選択時のみ表示



コマ戻し 日時指定
 再生速度 逆再生 再生 コマ送り

表示カメラ切替
 [カメラ映像表示領域]に表示するカメラを選択する

ビュー

- コース監視
- 全カメラ
 - 俯瞰(大)+詳細
 - 俯瞰(小)+詳細
- 全体俯瞰
 - 全体俯瞰
 - 全体俯瞰(デワーブ)
- 全周詳細
 - 全周詳細×10

<p>全カメラ 11台のカメラを1画面表示</p> 	<p>全体俯瞰 全体俯瞰カメラのみ表示</p> 	<p>全周詳細 全周詳細カメラのみ表示</p> 
---	--	---

図 V-3 クライアント操作図

1.2. 複数カメラによる全周詳細撮影

(1) 目的

- トラック全体で選手のゼッケンを確認できる解像度で撮影することにより、落車等が発生した場合の違反の判定を可能とする。
- 全てのカメラ映像を一齐に一時停止・コマ送り再生することにより、詳細映像での違反等の確認を可能とする。
- 複数箇所からの同時撮影を可能とする。

(2) 実施内容

- 現在のキャットウォークに、UHD(4K) 高画質カメラを10台設置し、競技中のトラックをカメラ1台当たり25~35Mの範囲を撮影する。
- 競技中の全周の常時録画と接触が発生した際に拡大再生が行えるシステムの調査研究を行う。
- 高画質カメラの活用により、録画サーバのデジタルズーム機能を活用して事象発生時の競技者のゼッケン番号を明確に識別する研究を行う。
 - コース内に番号付きのゼッケンを配置し、クライアントPCの全周詳細カメラ10台の映像より、番号が目視で把握できるかを確認する。



図 V-4 コース内ゼッケン

- コース内を走行する競技者のゼッケンがクライアント PC の全周詳細カメラ 10 台の映像より、番号が目視で把握できるかを確認する。



図 V-5 競技者ゼッケン

- 画角、画質を調整し目的を達成するための最適な設定を調査する

1.3. 全体俯瞰撮影

(1) 目的

- 映像の高解像度化とつなぎ目部分を解消し、全体俯瞰映像の取り回しを容易にする。
- 魚眼補正でトラック幅を均等に撮影できるよう画像補正する仕組みの検討。

(2) 実施内容

- 1台のカメラに魚眼レンズを搭載しトラック全体の俯瞰撮影が行えることを確認する。
- 既存のソフトウェア(Milestone XProtect 360 Split View Plugin)で魚眼映像を補正し、トラック幅を均等に撮影できることを確認する。

2. 走行追尾カメラ実証実験

2.1. 目的

走行中の選手の動きに合わせて、選手を自動で追尾する撮影が可能か実証実験を行う。

2.2. 検証内容

全周詳細撮影を行っているカメラ及び追尾機能を持ったカメラの合計 2 機種で客席、インフィールドそれぞれに機器を設置し走行追尾実証実験を実施し、下記検討を行う。

- 選手の動きに合わせて、選手を自動で追尾して撮影するための実証実験を行う。基本は全周詳細撮影で使用するカメラを利用し、人間の操作での追尾および画像解析による自動追尾の実現性、操作性、有効性などを実験し、実用化に向けての方針を模索検討する。
- 判定支援用カメラとは異なるアングルから追尾撮影することにより、臨場感の高い記録映像の撮影が可能か。
- LED ビジョンへの表示など競技演出にも利用が可能か。
- 走行分析の元データとして、選手育成及び強化において映像の撮影が可能か。

2.3. 既存製品のレーダーによる走行追尾

AXIS Radar Autotracking for PTZ を使用し走行追尾が可能であるかを確認する。

(1) 検証システム

① システム構成

審判室屋上に走行者検出用のレーダーとカメラ、インフィールドにカメラを設置し、PC にて撮影映像の確認を行う。

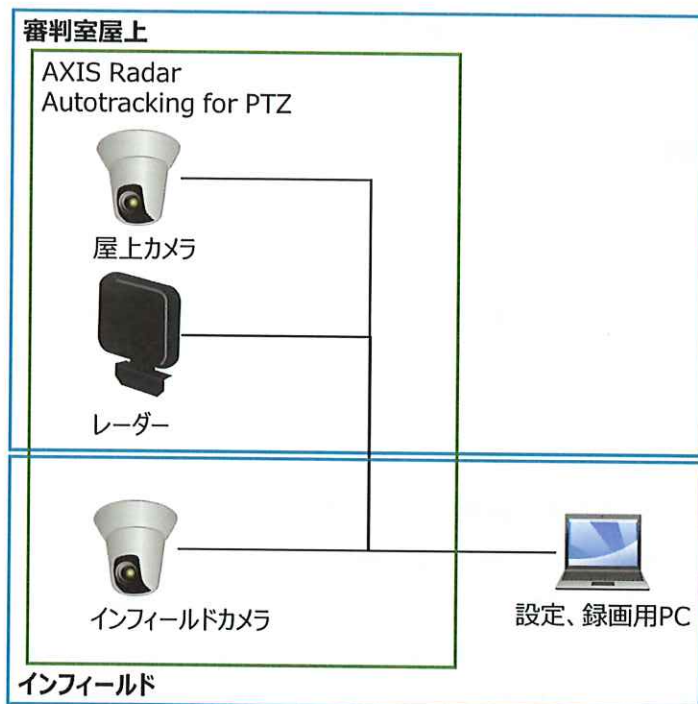


図 V-6 システム構成図

レーダーとカメラの連動には「AXIS Radar Autotracking for PTZ」を使用する。

「AXIS Radar Autotracking for PTZ」ではレーダーが走行者を捕捉時に各カメラに PTZ 移動指示を送ることで自動追尾を行う。

② ハードウェア構成要素

表 V-4 ハードウェア構成表

項目	数量	機種・説明	設置場所
設定、録画用 PC	1	映像データの集約・配信、およびクライアント機能 [機器仕様] HP OMEN CPU: Intel Core i7-10750H CPU @ 2.60Ghz 2.59Ghz Memory: 16GB Disk: 1.5TB SSD OS: Windows 10 Pro Graphic : NVIDIA GeForce RTX 2060	インフィールド
インフィールドカメラ	1	コース内から映像を撮影 [機器仕様] Axis Q6075-E PTZ	インフィールド
屋上カメラ	1	コース外から映像を撮影 [機器仕様] Axis Q6135-LR PTZ	審判室屋上
レーダー	1	走行者を検知 [機器仕様] Axis D2110-VE	審判室屋上

③ ソフトウェア構成要素

表 V-5 ソフトウェア構成表

項目	数量	説明
XProtect Express+	1	Milestone Systems 社が提供している VMS。 ネットワークカメラの映像データの集約・配信・管理を行うサーバソフトウェア。
XProtect Smart Client	1	Milestone Systems 社の提供しているクライアントソフトウェア。 XProtect サーバに接続して、映像の受信、録画の再生などを行う。
AXIS Radar Autotracking for PTZ	1	Axis 社の提供しているレーダー追尾システム。

(2) 検証内容

上記システムを用いて以下のパターンで自動追尾可能か検証を行う。

- 人物（徒歩/走り）
- 車両一台走行
- 車両二台走行

2.4. 全周詳細カメラによる走行追尾

全周詳細カメラ(CR-N500)とカメラコントローラを使用し人間の操作で走行追尾が可能であるかを確認する。検証は客席、インフィールドそれぞれに CR-N500 を設置し行う。



図 V-7 システム構成図

撮影位置（観客席の後方 2 か所で撮影）

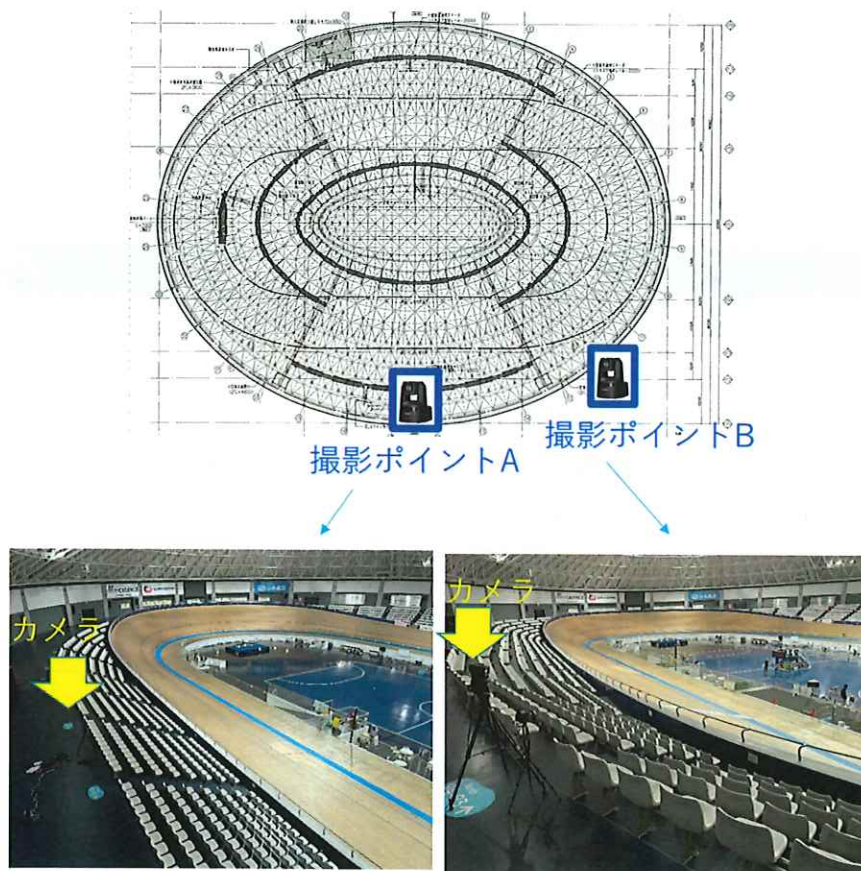


図 V-8 撮影位置

3. 検証スケジュール

検証は以下のスケジュールで実施する。

No.	実施日	概要
1	2023/3/17(金) 2023/3/22(水) 2023/3/23(木)	新規システムを使用しビデオ判定支援装置の改善検証、調査を実施する。
2	2023/3/22(水) 2023/3/23(木)	デモ機を使用し走行追尾カメラ実証実験を行う。

VI. 調査・研究結果報告

1. ビデオ判定支援装置の改善(数量・設置位置等)

1.1. 複数カメラによる全周詳細撮影

- (1) 複数カメラの録画映像を再生・コマ送り再生・一時停止することによる、落車等発生時の違反の判定
全周詳細カメラ全台の録画映像を1つ画面で再生・コマ送り再生・一時停止等の各種機能を使用することにより、レース状況を把握することが可能となった。



図 VI-1 クライアント操作

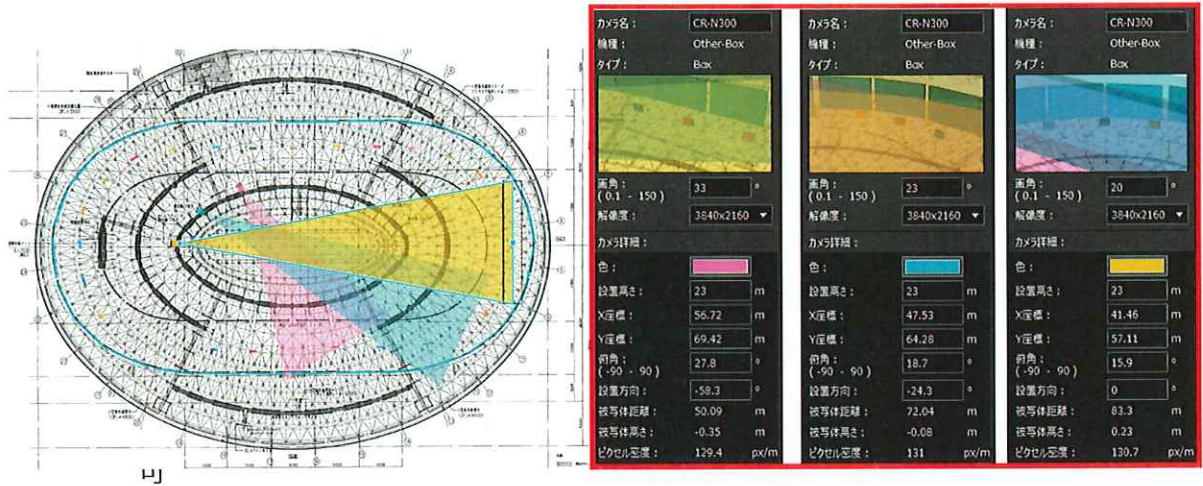
(2) トラック全体で選手のゼッケンを確認できることによる落車等発生時の違反の判定

① 画角、画質を調整し目的を達成するための最適な設定を調査

ゼッケンが認識可能となるピクセル密度が 0.8cm/dot 以下となるカメラ設定を調査した。

キャットウォークに配置した全周詳細カメラ 10 台を 3 つの被写体距離 (50m,72m,83m)

毎に必要な画角を設定した。(33°,23°,20°)



能となる
実施し

図 VI-2 カメラ画角

カメラパラメータの検討を
た。

【全カメラ共通設定】

- シャッタースピード : 1/1000
- ゲイン : Auto
- ガンマ : Wide DR
- フォーカスモード : Manual
- IP 配信映像
 - ・映像コーデック : H.264
 - ・映像サイズ : 3840 x 2160
 - ・ビットレート制御 : CBR
 - ・目標ビットレート : 40Mbps
 - ・I フレーム間隔 : 0.5sec

表 VI-1 カメラ個別設定表

【カメラ個別設定】

カメラ	Iris Auto 開放 Fno	AGC リミット	AE シフト	露光 方式	Focus Position	PAN	TILT	画角
①	F3.7	285	+0.5	center	1148	-1412	-2958	33.01
②	F4.0	305	+0.5	center	1168	-2631	-1850	23.01
③	F4.0	330	+0.5	backlight	1147	-1241	-1515	20.01
④	F4.0	315	+0.5	center	1140	2930	-2009	23.01
⑤	F3.7	330	+0.5	center	1147	1752	-2750	33.01
⑥	F3.7	330	+0.5	center	1146	-2039	-3147	33.01
⑦	F4.0	305	+0.5	center	1137	-2407	-1980	23.01
⑧	F4.0	315	+0.25	backlight	1155	1870	-1446	20.01
⑨	F4.0	305	+0.75	center	1145	2603	-1888	23.01
⑩	F3.7	270	+0.75	center	1179	2294	-2689	33.01

*その他、カメラ設定は初期設定とした。

上記カメラ設定後、全周詳細カメラ 10 台の PAN/TILT 調整を実施し、各カメラ間の映像に走行選手が切れ目なく録画されていることを確認出来た。



図 VI-3 詳細カメラ 01-10 途切れ確認



図 VI-4 詳細カメラ 02-01 途切れ確認



図 VI-5 詳細カメラ 03-02 途切れ確認



図 VI-6 詳細カメラ 04-03 途切れ確認



図 VI-7 詳細カメラ 05-04 途切れ確認



図 VI-8 詳細カメラ 06-05 途切れ確認



図 VI-9 詳細カメラ 07-06 途切れ確認



図 VI-10 詳細カメラ 08-07 途切れ確認



図 VI-11 詳細カメラ 09-08 途切れ確認



図 VI-4 詳細カメラ 10-09 途切れ確認

- ③ コース内の内外周に番号付きのゼッケンを配置し、クライアント PC から全周詳細カメラ 10 台の映像でデジタルズーム機能を使用して番号が目視で把握できるかを確認
 競技場の照度 600lx, 1000lx, 1400lx とともにゼッケンの認識が可能となった。

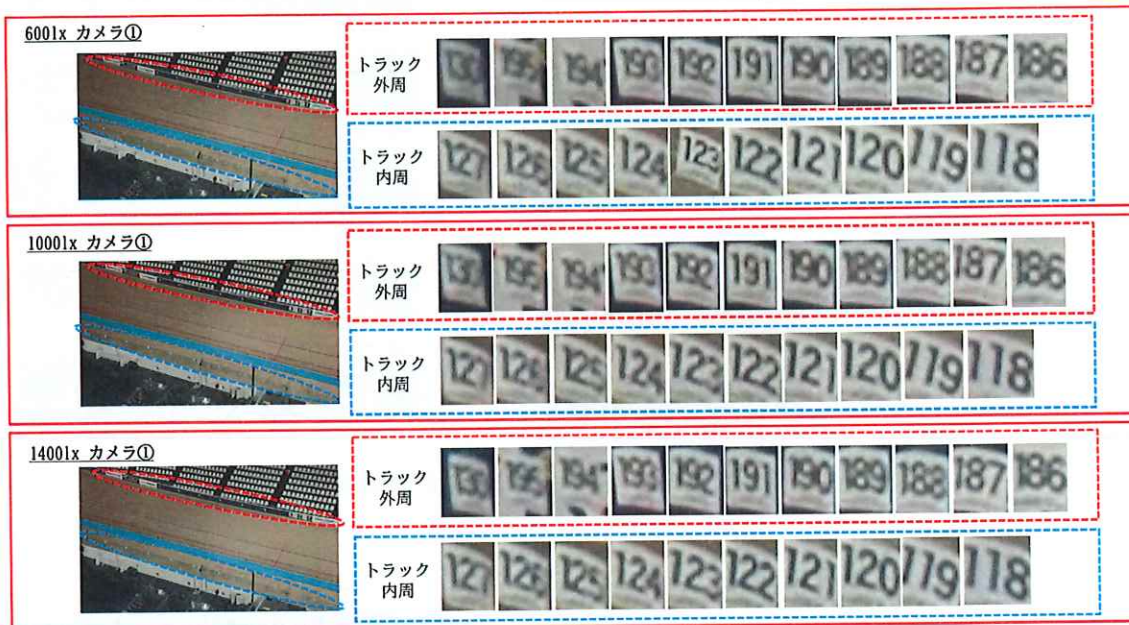


図 VI-5 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ①



図 VI-14 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ②

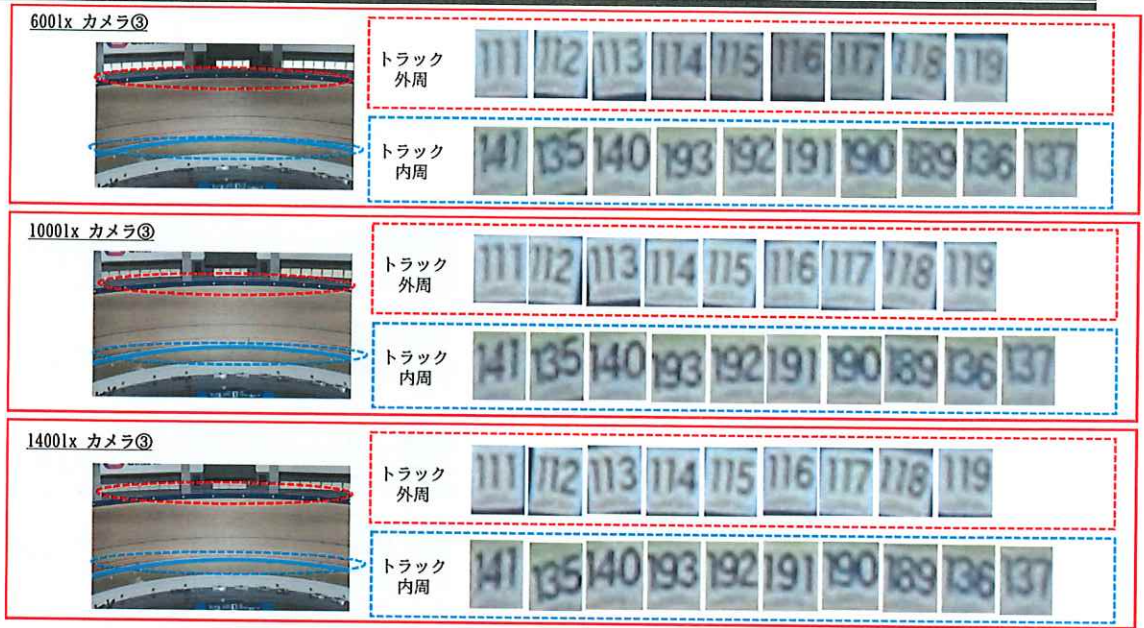


図 VI-6 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ③

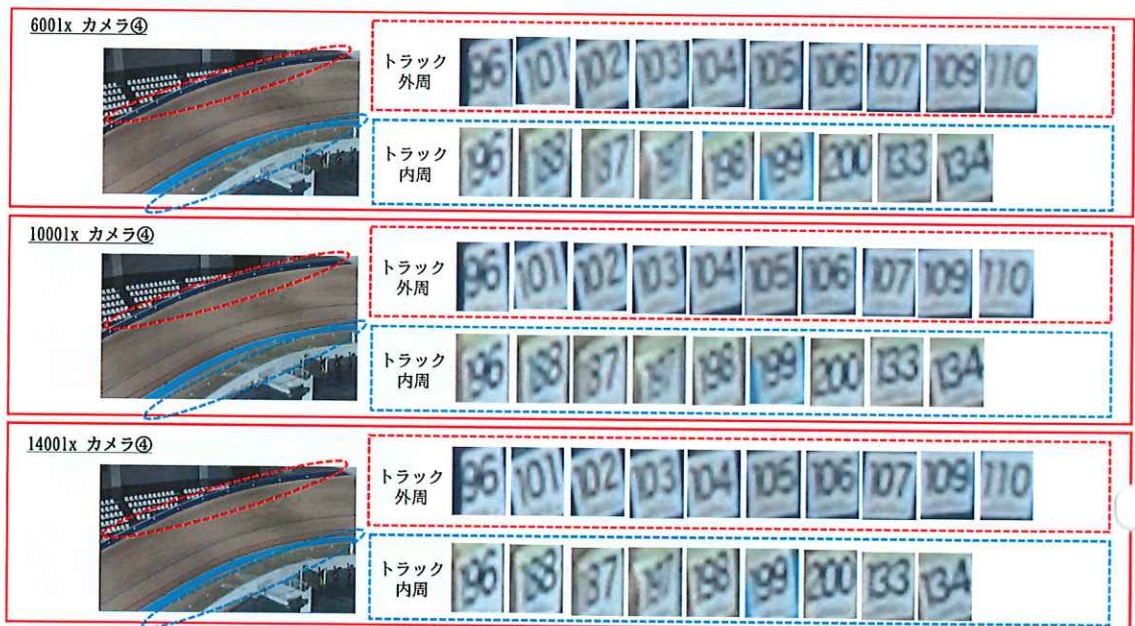


図 VI-7 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ④



図 VI-8 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑤



図 VI-9 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑥

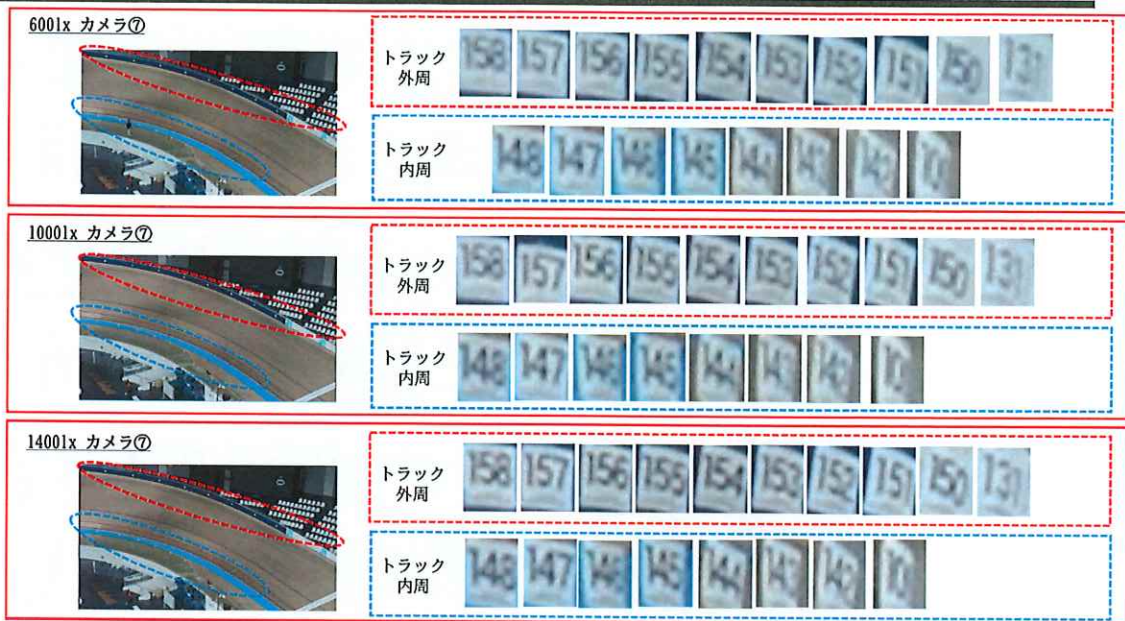


図 VI-10 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑦

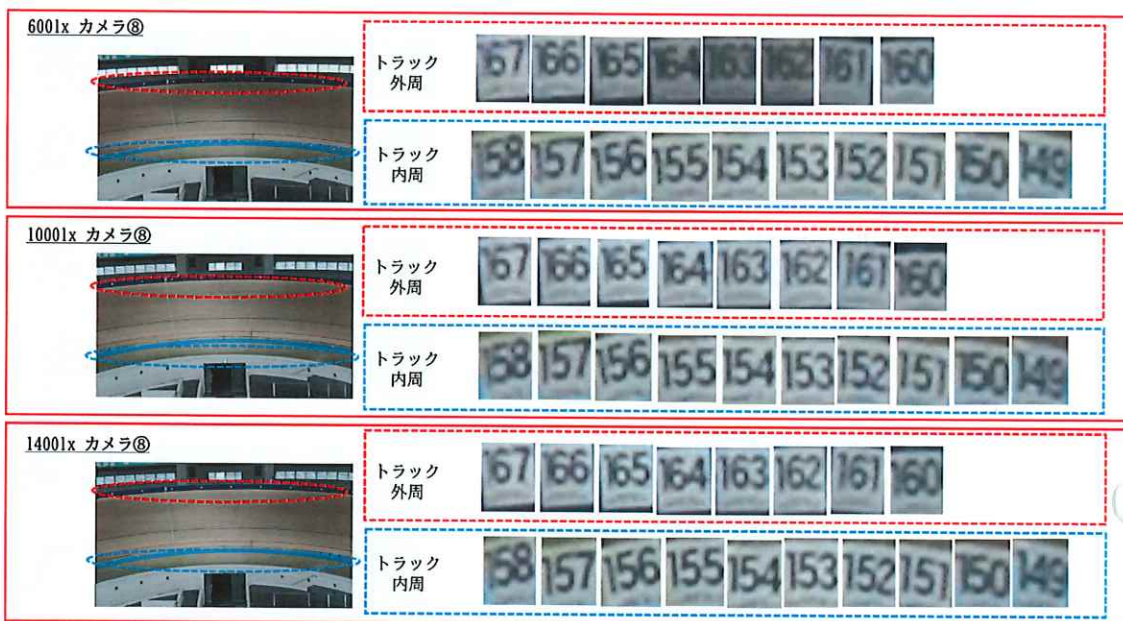


図 VI-20 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑧

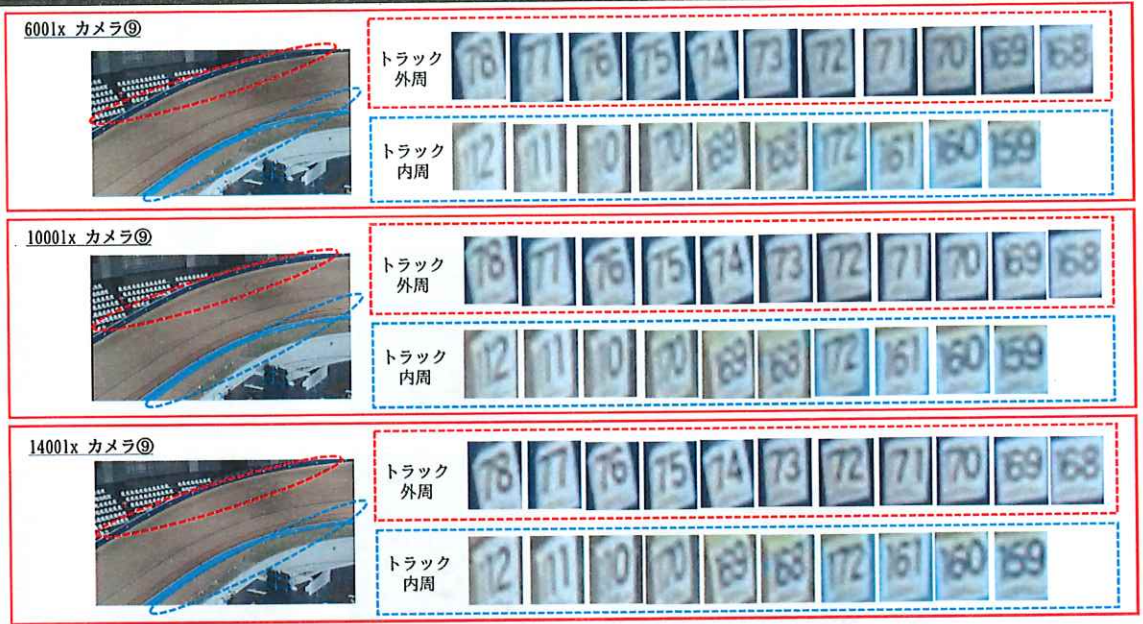


図 VI-21 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑨

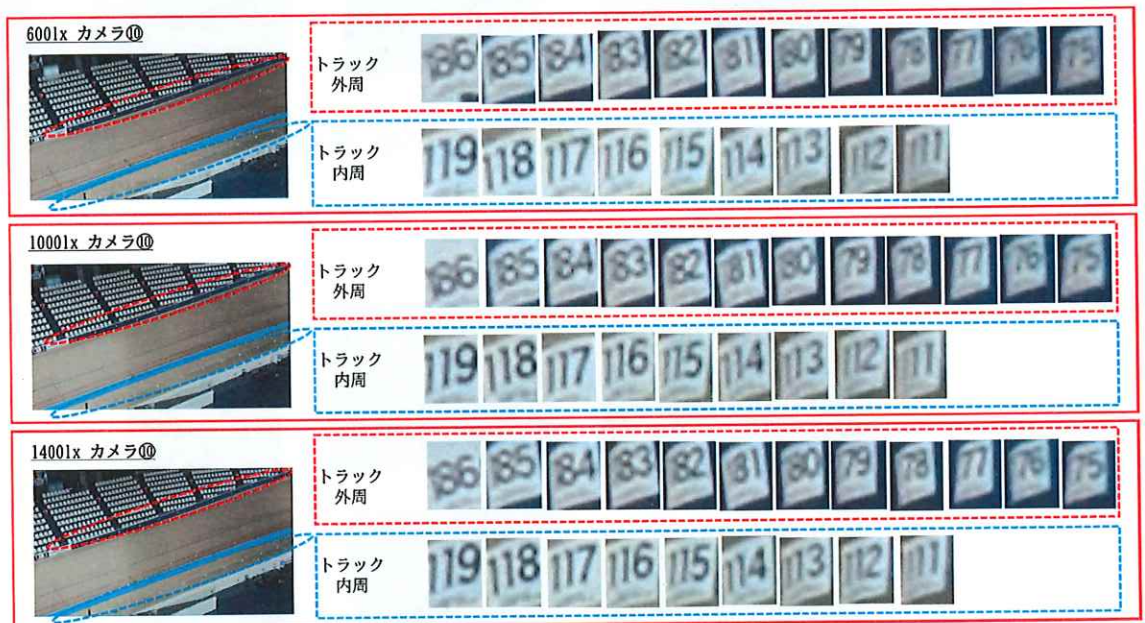


図 VI-22 配置ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑩

- ④ コース内を走行する競技者のゼッケンがクライアント PC から全周詳細カメラ 10 台の映像でデジタルズーム機能を使用して番号が目視で把握できるかを確認
 競技場の照度 600lx,1000lx,1400lx とともにゼッケンの認識が可能となった。



図 VI-11 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ①

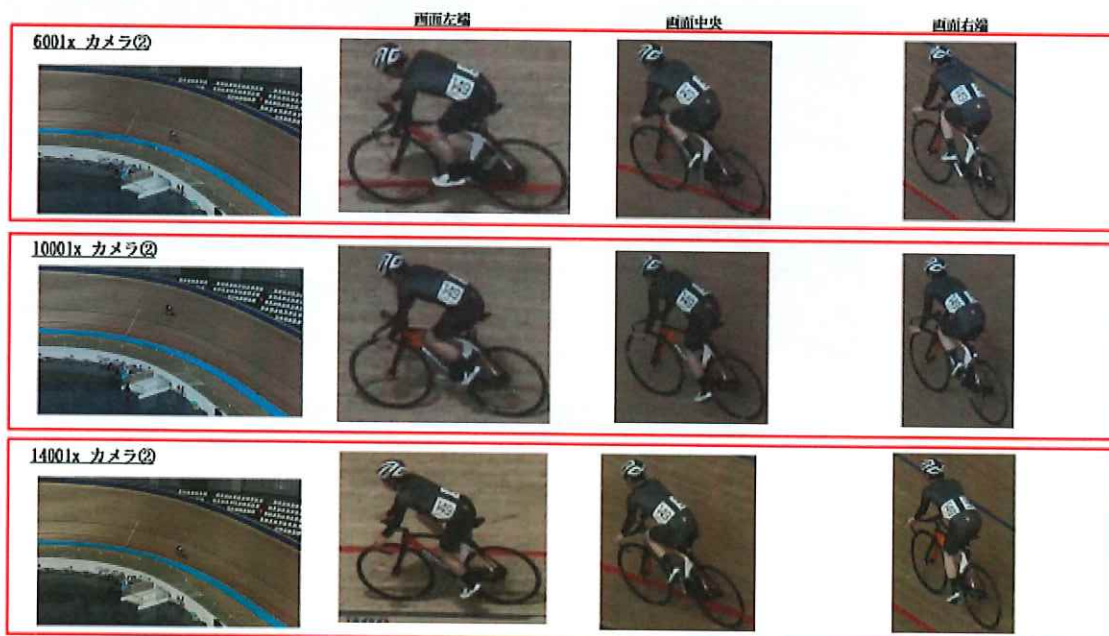


図 VI-24 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ②



図 VI-25 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ③

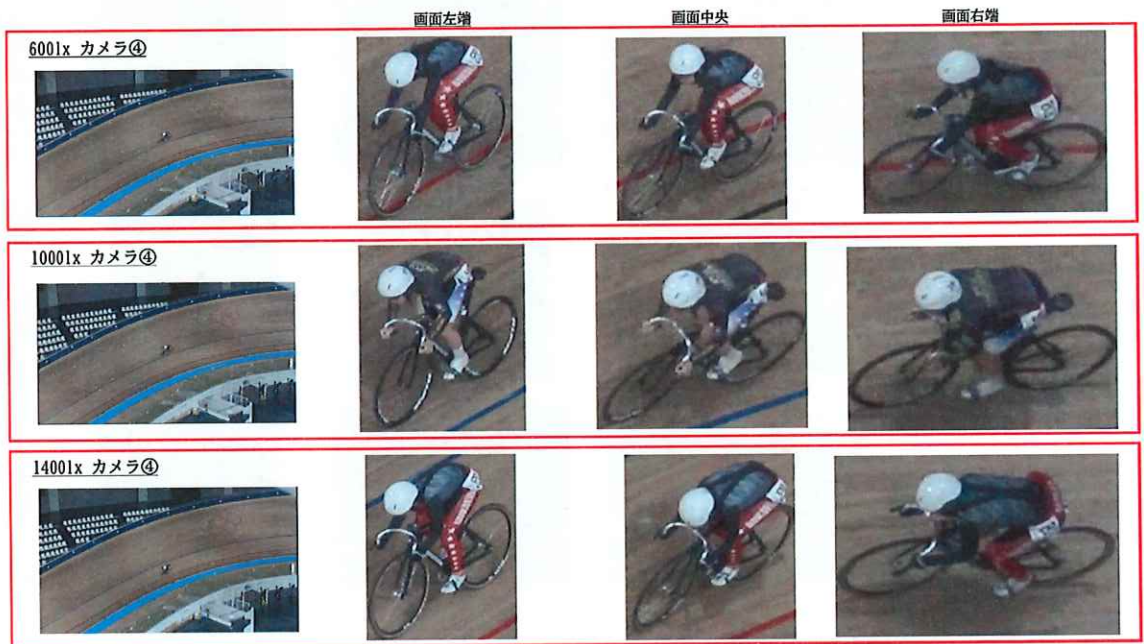


図 VI-12 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ④

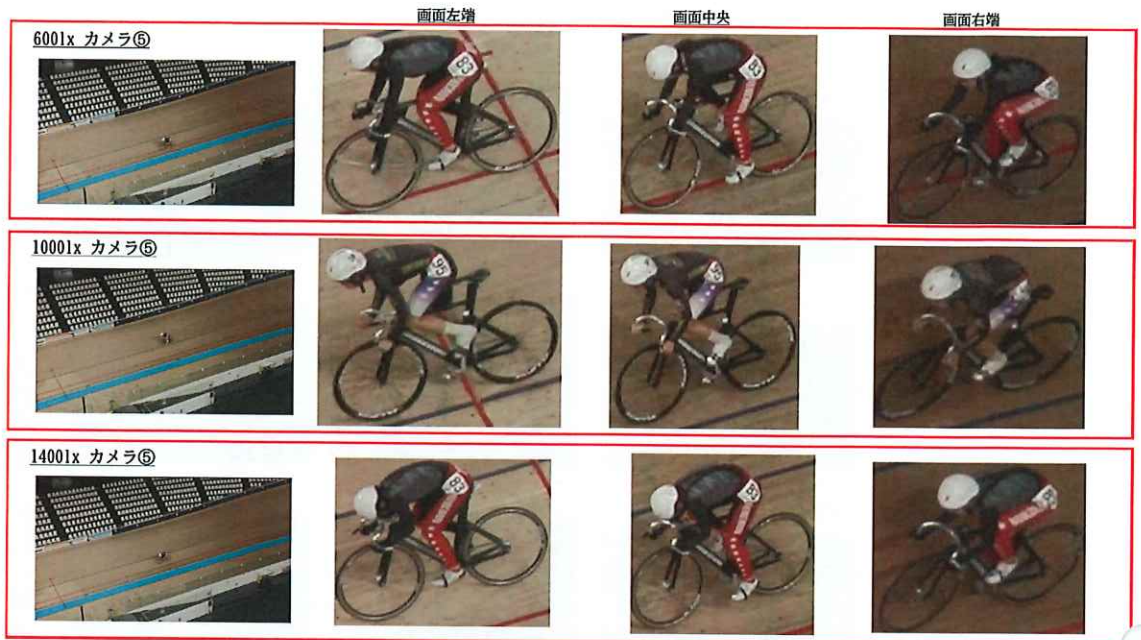


図 VI-13 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑤

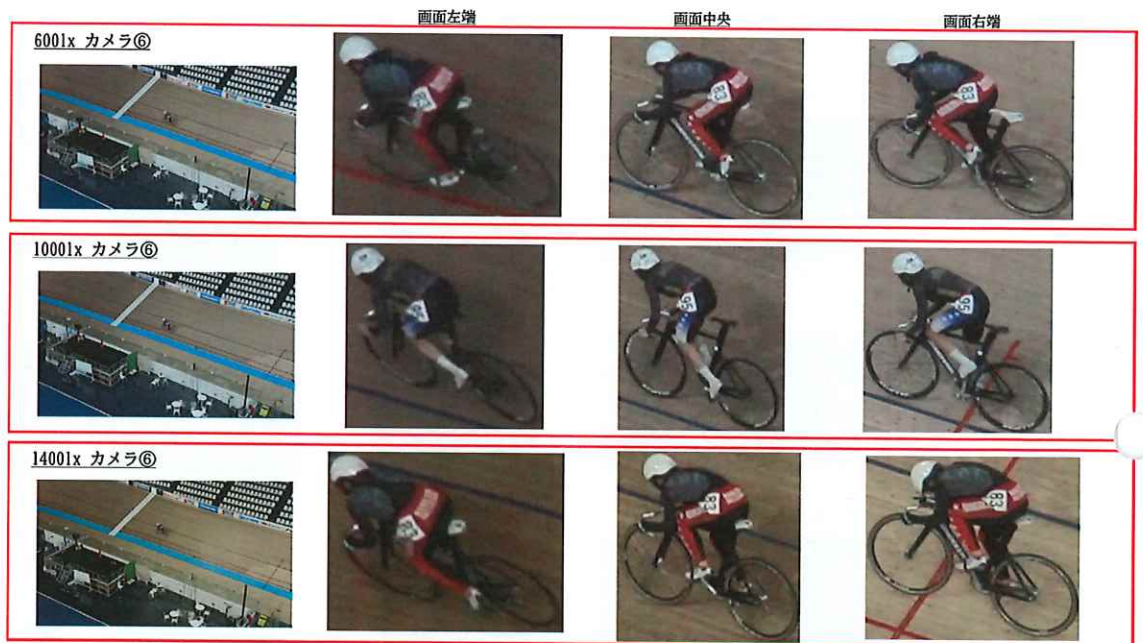


図 VI-14 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑥

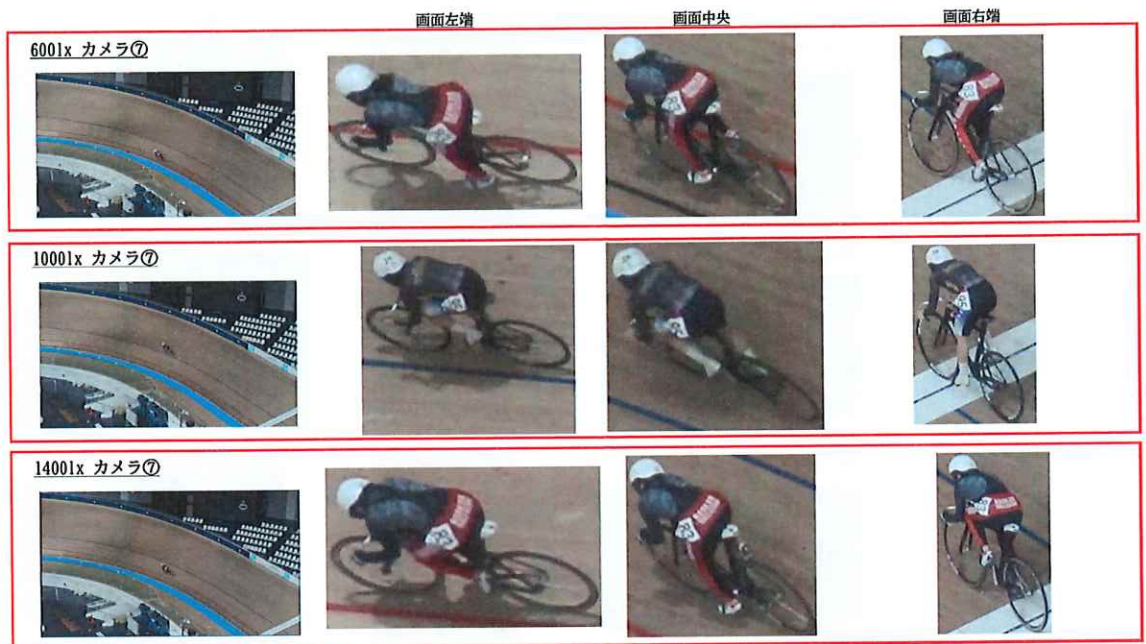


図 VI-15 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑦



図 VI-30 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑧

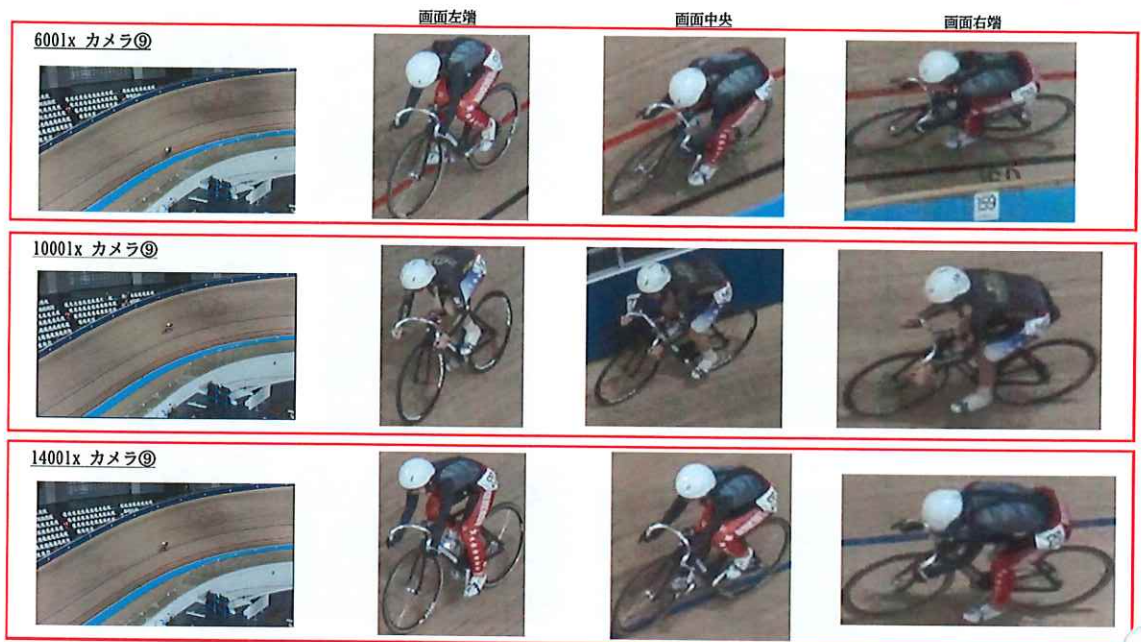


図 VI-31 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑨

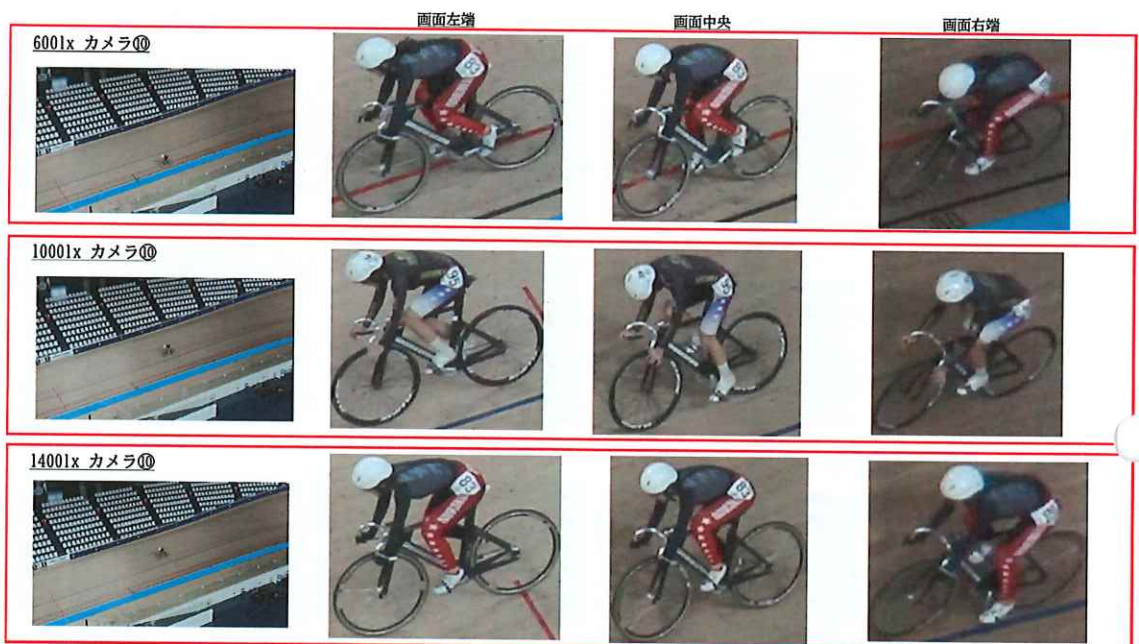


図 VI-32 競技者ゼッケン目視-全周詳細カメラ⑩

(3) カメラ間の録画映像同期ずれ

カメラ全台を NTP サーバで時刻同期を行っているため理論上は全カメラの録画映像は同期している(11時11分11.111秒を指定した際はカメラ全台の映像が指定時刻になる)が、検証の結果1sec未満の同期ずれが発生していた。

以下の図は同一時間の録画映像だが、カメラ⑥⑦ではスタートラインに対して、またカメラ⑤⑥に於いても赤ラインに対し若干の同期ずれが発生していることが確認できる。

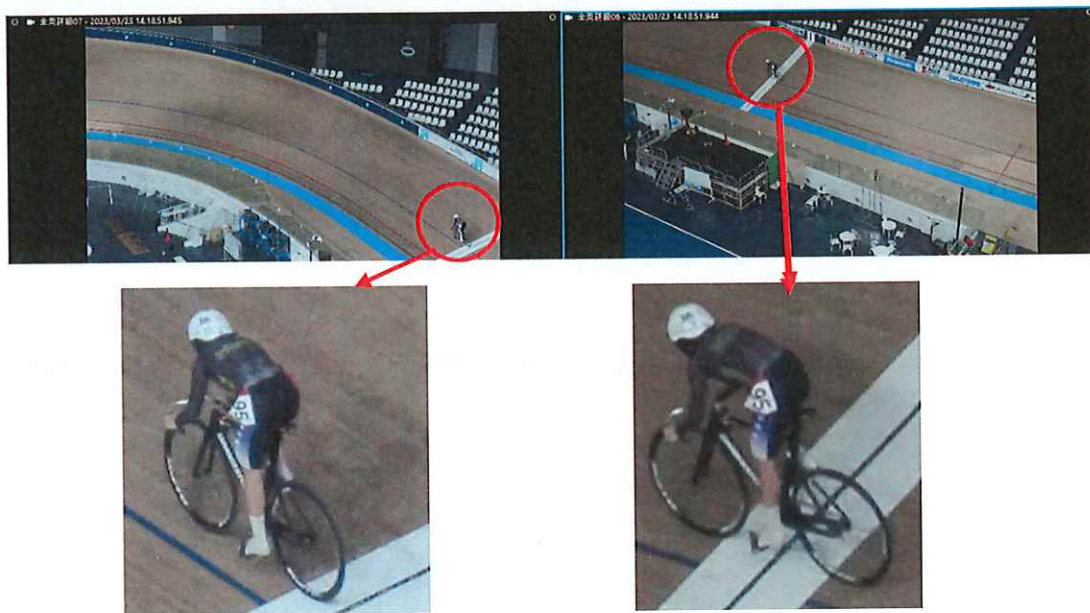


図 VI-33 40Mbps カメラ⑥⑦同期ずれ



図 VI-16 40Mbps カメラ⑤⑥同期ずれ

同期ずれはカメラの映像配信ビットレートが 40MBps で発生しており、ビットレートが大きくなると同期ずれも大きくなっていった。



図 VI-17 70Mbps カメラ⑦⑧同期ずれ

映像配信ビットレートが 70MBps では上記図のようにカメラ⑦とカメラ⑧ともに画面中央部に走行選手が映るほど同期ずれが発生している。

現在は 40MBps で運用をしており、同期ずれは 1sec 未満であるためビデオ判定支援には大きく影響しない。

1.2. 全体俯瞰撮影

(1) つなぎ目部分解消

一台の高解像度カメラに魚眼レンズを取り付け、撮影を行うことでつなぎ目部分は解消し、参照、取り回しが容易になることを確認できた。

【旧システム】

・ME200(FHD)+EF8-15mm F4L x 2台

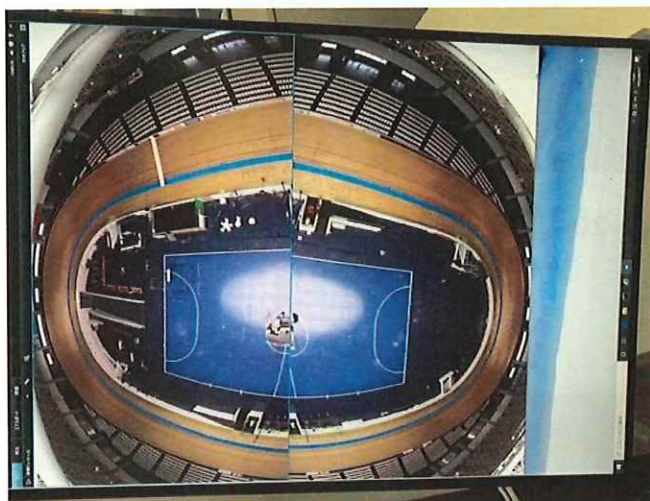


図 VI-18 旧システム全体俯瞰

【新システム】

・EOS R5C(UHD)+EF8-15mm F4L

照度：600lx



図 VI-19 新システム全体俯瞰(600lx)

照度：1000lx



図 VI-20 新システム全体俯瞰(1000lx)

照度：1400lx

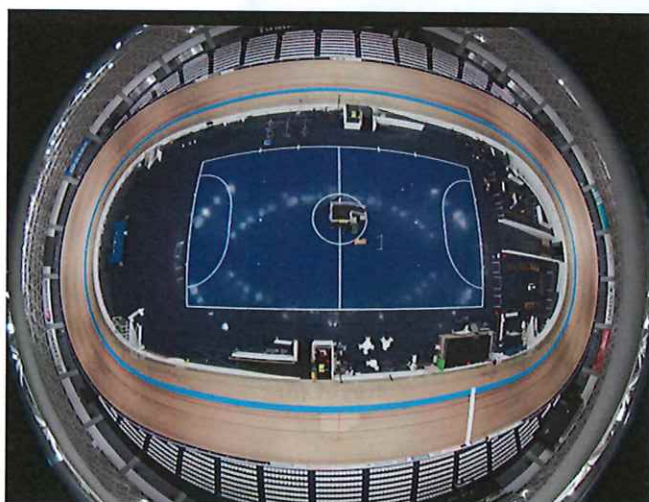


図 VI-21 新システム全体俯瞰(1400lx)

カメラの設置位置は旧カメラと同様にトラックの中心ではなくスタートライン寄りに設置されているため、スタートライン側のコースの幅が広く、反対側のコースの幅が狭くなっている点は前回と同様であった。

(2) 魚眼補正

ソフトウェアを使用し魚眼補正を行うことで単純な拡大に比べて、トラック幅がある程度均等になったことによりライブ映像、録画映像が目視に近い状態で参照できることを確認できた。



図 VI-40 魚眼補正①



図 VI-41 魚眼補正②

2. 走行追尾カメラ実証実験

2.1. 既存製品のレーダーによる走行追尾

審判室屋上に設置したレーダーで検知した人物、車両を審判室屋上とインフィールド内のカメラで追跡可能であるか検証を実施した。



図 VI-42 機器設置図

レーダーの検知範囲は以下ようになった。



図 VI-43 レーダー範囲

レーダー検知範囲の左下部分の最終コーナーの外周側はレーダーの範囲（60m）外となってしまう、検知することができなかった。

(1) 人物(1名)

人物が徒歩/走りで移動した際は問題なく検知し、屋上カメラ、インフィールドカメラいずれも人物を自動追尾し撮影可能であった。

※動画「VI-2-2.1-1_1名.mp4」参照

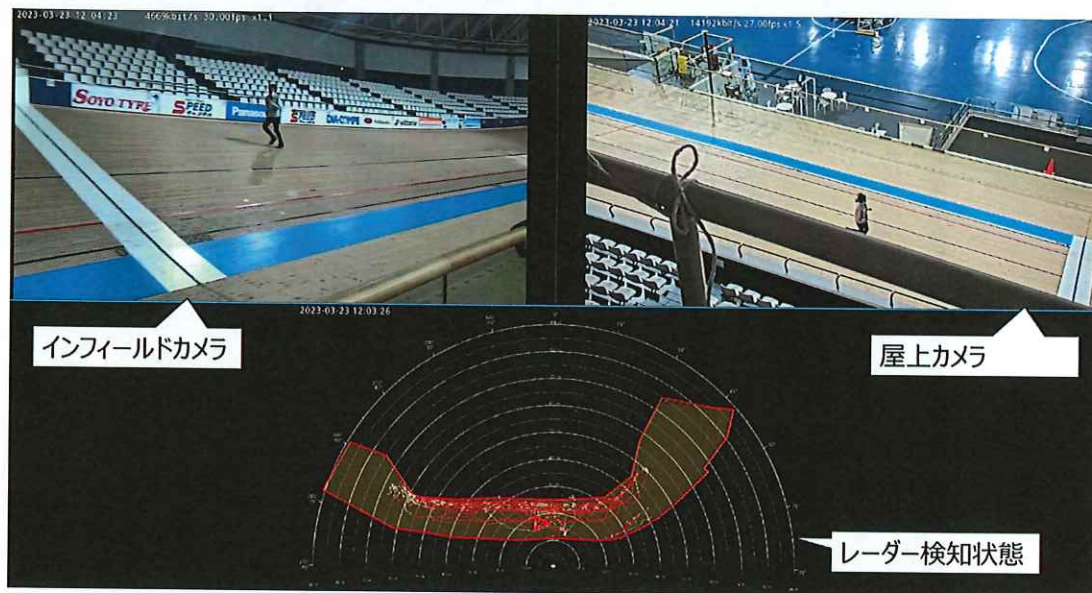


図 VI-22 人物(1名)追尾

(2) 人物(複数名)

複数名が並走した場合、カメラの画角内に収まる場合はカメラの旋回、ズーム倍率を調整し全員が映るように撮影された。

※動画「VI-2-2.1-1_複数名.mp4」参照

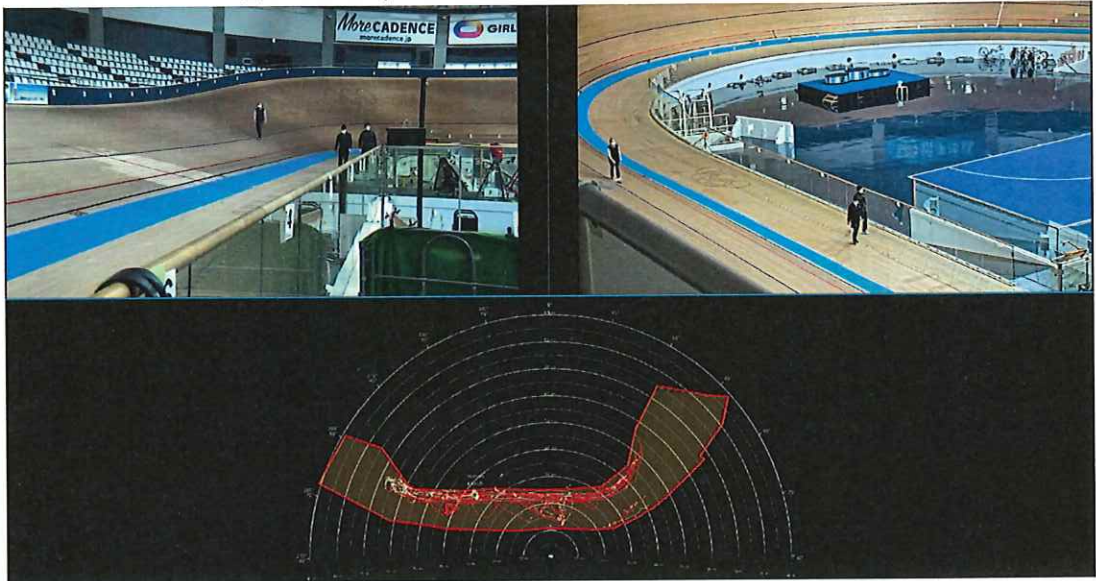


図 VI-23 人物(複数名)追尾-画角内

画角内に収まらない範囲で検知した場合は最初に検知した人物を対象とするように撮影された。下記映像では屋上カメラでは先行した人物も画角内に収まるため三名が映っているが、インフィールドカメラでは先行した人物が収まらないため最初に検知した二名を追尾している。

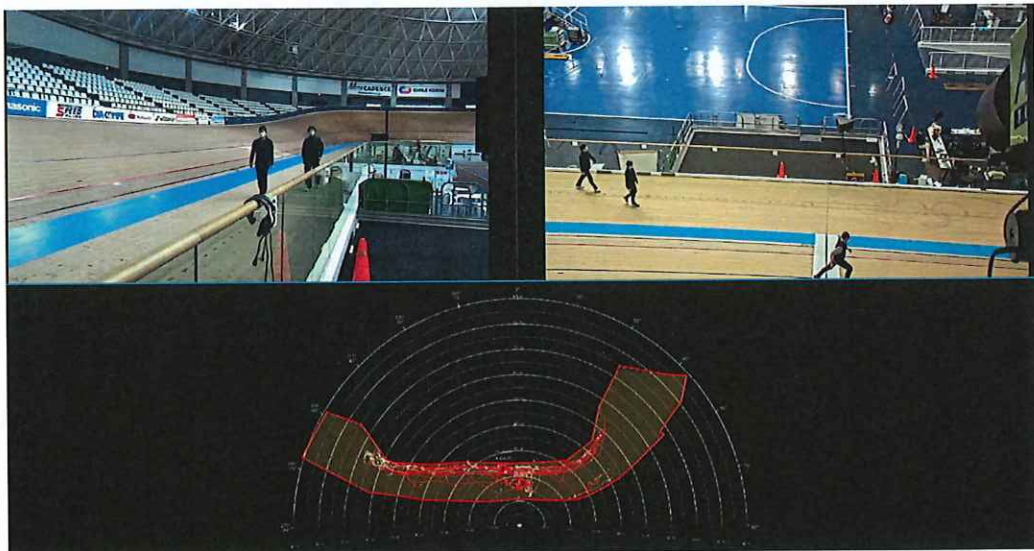


図 VI-24 人物(複数名)画角外追尾-画角外

(3) 車両(一台)

時速 30km までであれば、屋上カメラは問題なく追尾は可能だった。

インフィールドカメラの設置場所がコースに近いので、走行者がコース内側を走行した際はカメラの旋回速度が追いつかず、追尾が困難な場合がある。

※動画「VI-2-2.1-3_1 台走行.mp4」

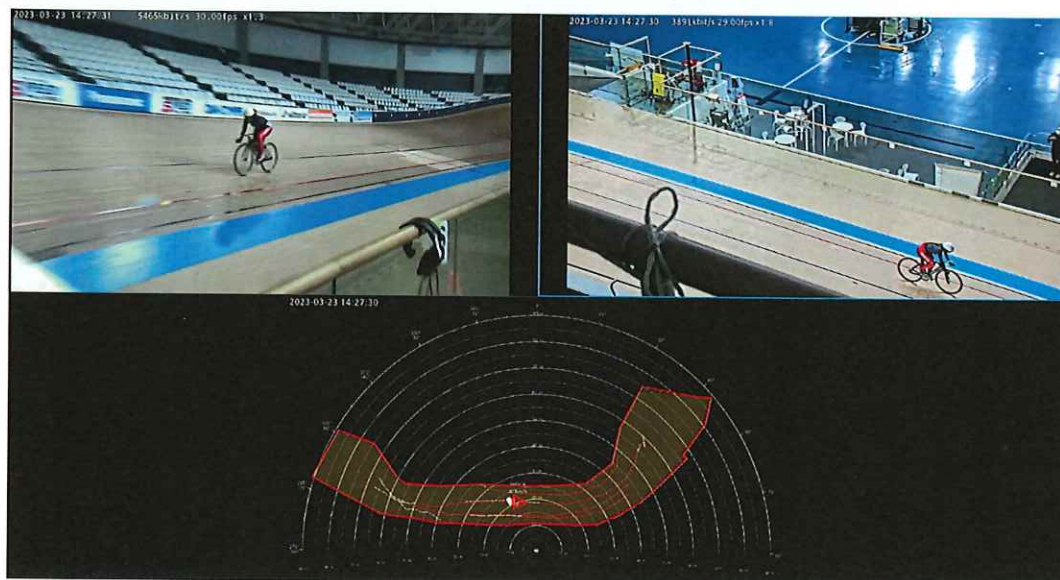


図 VI-25 1 台走行時レーダー追尾

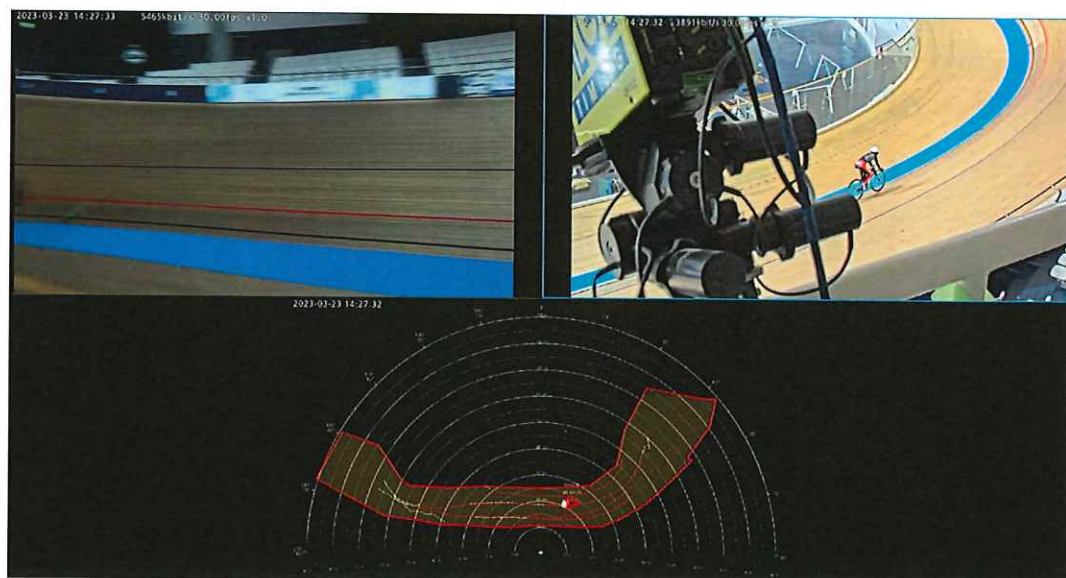


図 VI-26 1 台走行時レーダー追尾-インフィールドカメラ追尾 NG

時速 50km を超えると追尾の開始が遅れ、第一コーナーあたりから追尾された。

※動画「VI-2-2.1-3_1 台高速.mp4」参照

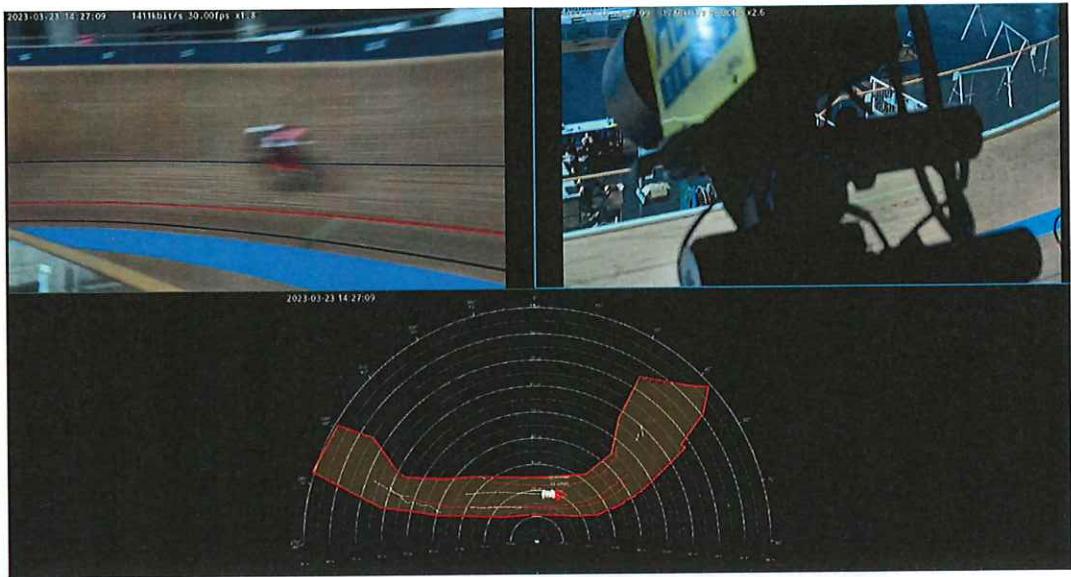


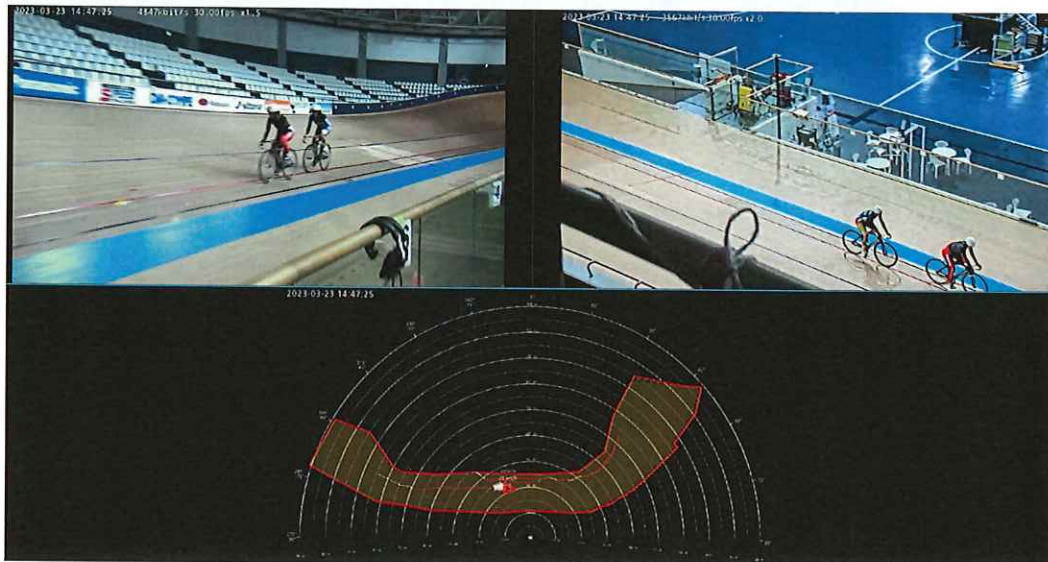
図 VI-27 1 台高速走行時レーダー追尾

(4) 車両(複数台)

(2) 人物(複数名)、(3) 車両(一台)を複合する結果となった。

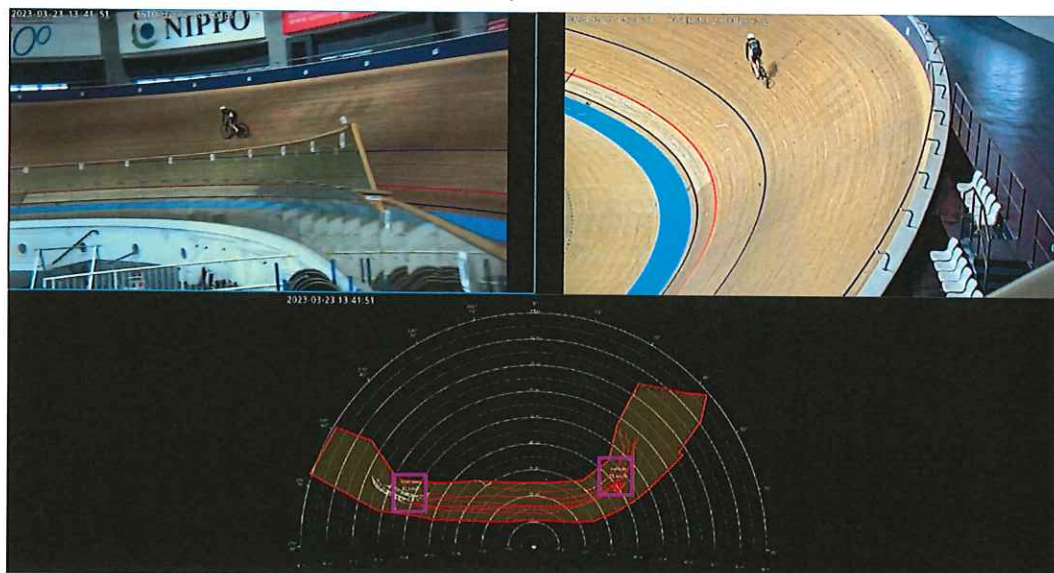
カメラの画角内に収まる場合はカメラの旋回、ズーム倍率を調整し全台が映るように撮影された。

※動画「VI-2-2.1-4_2 台走行.mp4」参照



画角内に収まらない範囲で検知した場合は最初に検知した車両を対象とするように撮影された。

※動画「VI-2-2.1-4_2 台走行間隔あり.mp4」参照



また、時速 30Km までは問題なく追尾可能。2 台が時速 50Km を超える場合は撮影未実施のため追尾可否不明。

2.2. 全周詳細カメラによる走行追尾

納品物と同型番のリモコン（RC-IP100）、詳細撮影カメラ（CR-N500）を使用して、観客席後方より、手動制御により走行する選手の手動追尾撮影が出来ることが確認できた。撮影映像に関して、ゼッケンやユニフォームの柄の視認が可能なレベルの解像感を実現できることも確認できた。

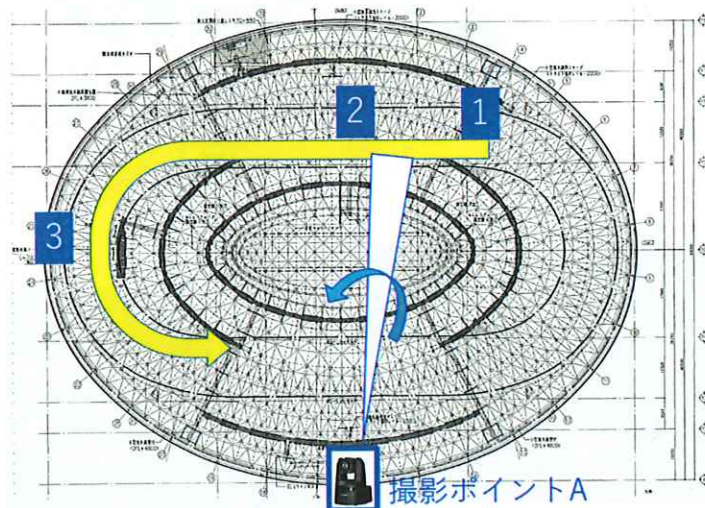
(1) 手動追尾撮影結果 1

- ・カメラの旋回速度仕様内（Max 100[deg/s]）で追尾撮影ができた。

仮に選手が時速 80km で走行する場合、静止画“2”の位置では約 20[deg/sec]の旋回速度でカメラを動かす必要がある。カメラ（CR-N500）の仕様上の最高旋回速度は 100[deg/sec]であるため、時速 80km 走行時も手動撮影は可能であると考えられる。なお、今回の撮影における旋回速度は約 13[deg/sec]であった。

- ・撮影動画にてゼッケン、ライン等が視認できることも確認できた。（シャッタースピード 1/1000、オートフォーカスモードで撮影）

※動画「VI-2-2.2_手動追尾 1.mp4」参照



静止画(動画からのキャプチャ (※デジタルズーム))



図 VI-50 手動追尾撮影結果 1

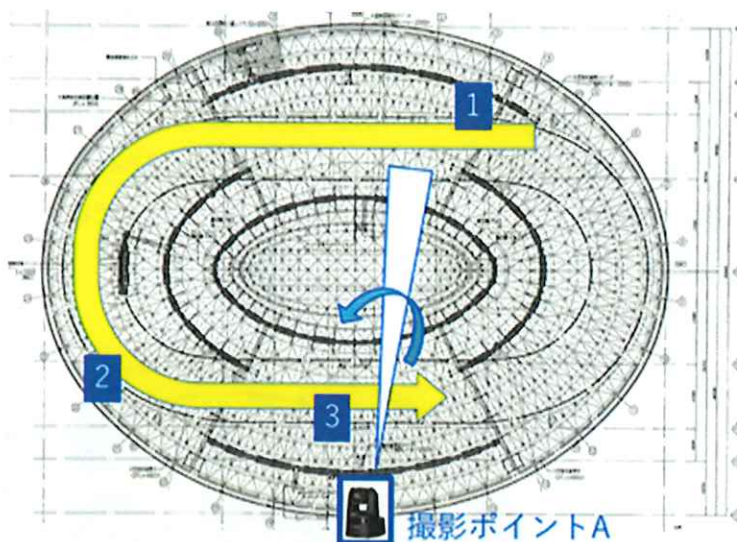
(2) 手動追尾撮影結果 1

・カメラの旋回速度仕様内 (Max 100[deg/s]) で追尾撮影ができた。

仮に選手が時速 80km で走行する場合、静止画"3"の位置では約 64[deg/sec]の旋回速度でカメラを動かす必要がある。カメラ (CR-N500) の仕様上の最高旋回速度は 100[deg/sec]であるため、時速 80km 走行時も手動撮影は可能であると考えられる。なお、今回の撮影における旋回速度は約 47[deg/sec]であった。

・撮影動画にてゼッケン、ユニフォームの柄等が視認できることも確認できた。(シャッタースピード 1/1000、オートフォーカスモードで撮影)

※動画「VI-2-2.2_手動追尾 2.mp4」参照



静止画(動画からのキャプチャ (※デジタルズーム))

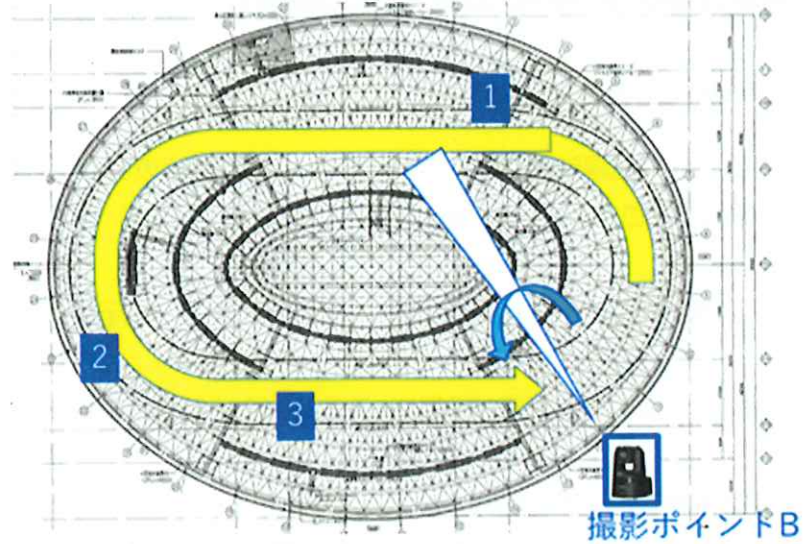


図 VI-51 手動追尾撮影結果 2

(3) 手動追尾撮影結果 3

- ・カメラの旋回速度仕様内 (Max 100[deg/s]) で追尾撮影ができた。
- ・撮影動画にてゼッケン、ユニフォームの柄等も視認できることが確認できた。(シャッタースピード 1/1000、オートフォーカスモードで撮影)

※動画「VI-2-2.3_手動追尾 3 .mp4」参照



静止画(動画からのキャプチャ (※デジタルズーム))



図 VI-52 手動追尾撮影結果 3

VII. 考察

本委託の実証実験の考察を記載する。

1. ビデオ判定支援装置の改善(数量・設置位置等)

1.1.1. 複数カメラによる全周詳細撮影

全周詳細カメラでの記録映像ではコース全周における走行選手のゼッケンが識別可能となった。各カメラの画質設定により異なる照度（600lx,1000lx,1400lx）に於いても問題なく対応可能であった。

ただし、全周詳細カメラ④とカメラ⑨に関してはカメラ配置上、走行選手に対して対向する配置であるため走行姿勢によってゼッケンの認識が困難である場面も見られたが、前後の映像及び前後のカメラ映像により走行判定は可能であると思われる。

今後、このカメラ④及びカメラ⑨を異なる位置から撮影することを検討する必要がある。

1.2. 全体俯瞰撮影

(1) つなぎ目部分解消

全体俯瞰を2台撮影していた時のつなぎ目が解消された。

本案件で取り付けた全体俯瞰カメラをトラック中央の真上に設置するとより均一な全体俯瞰映像の撮影が可能になる。

(2) 魚眼補正

ソフトウェアを使用した魚眼補正で問題なく映像の参照が行える。

加えて魚眼補正では常に中心が画面の下方方向になるように表示されるためよりわかりやすい映像となった。

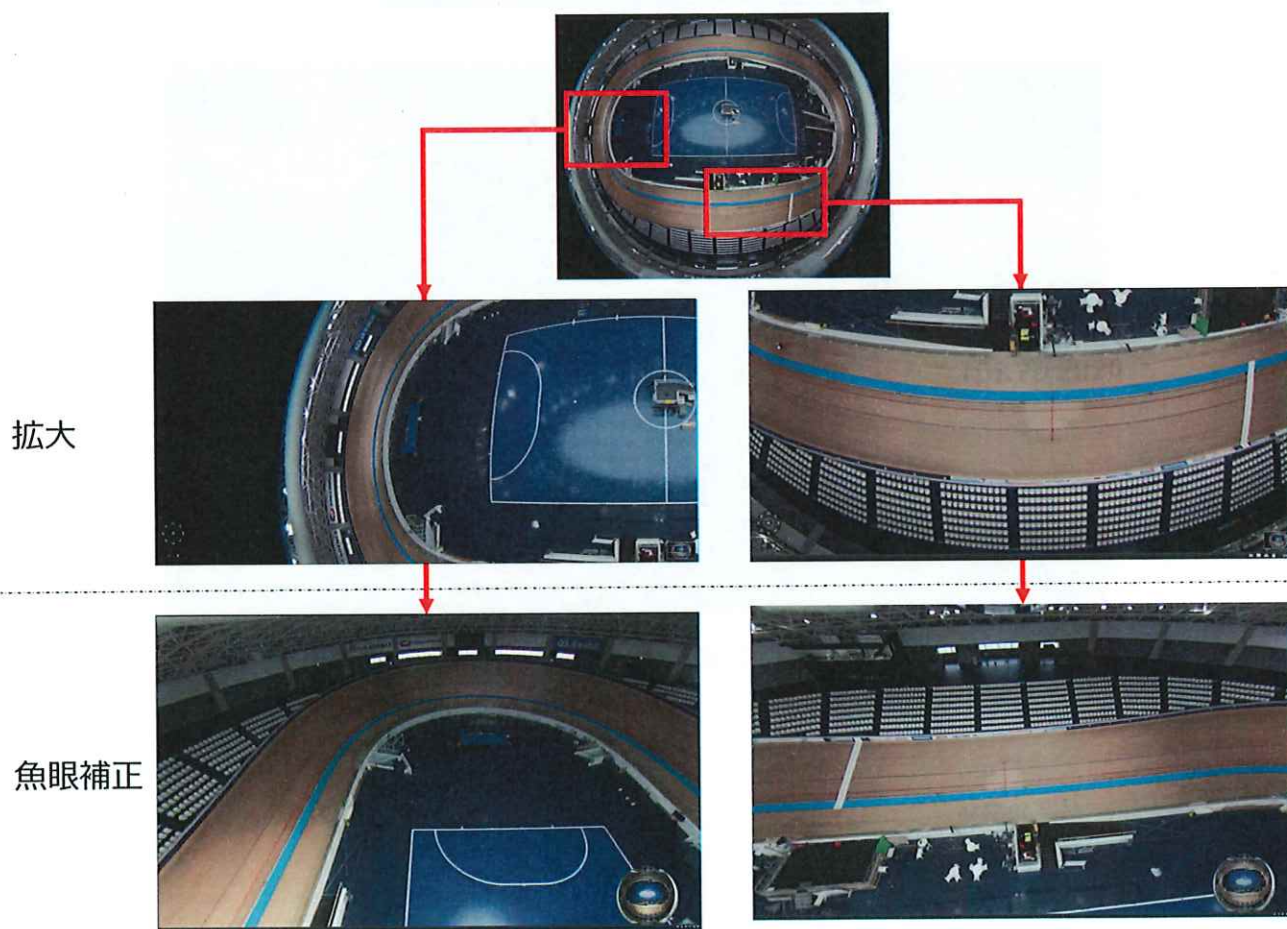


図 VII-1 拡大-魚眼補正比較

補正前映像全体を上下に分割し補正を行う方法も検証も行ったが、トラックが楕円のため補正結果はトラックが波をうったようになり、見づらい映像となった。

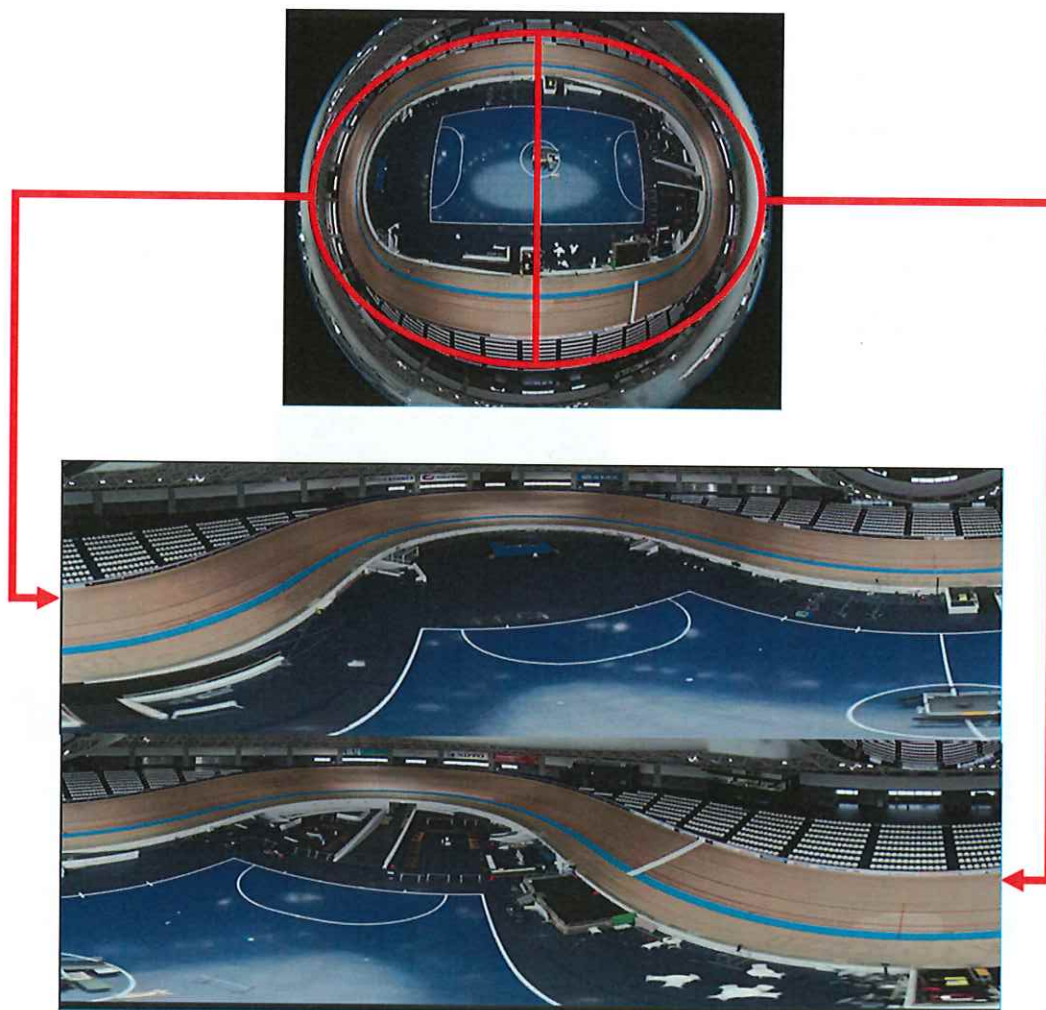


図 VII-2 上下補正

2. 走行追尾カメラ実証実験

2.1. 既存製品のレーダーによる走行追尾

検証よりレーダーによる自動追尾はある程度可能であることがわかった。

以下の課題があることがわかった。

(1) レーダーの検知範囲、配置台数

本検証ではレーダー1台を審判室屋上に設置したためコース全体を検知できず、また走行者がトップスピードでレーダー検知範囲に現れた際の検知遅れが発生し、自動追尾されない現象が発生した。

上記課題解決のためにレーダーを複数台設置し、コース全体を検知範囲とすることで解決可能であると考えます。

以下の図はレーダーを6台設置しコース全体を検知領域しつつ、レーダー間の干渉を抑えるものである。

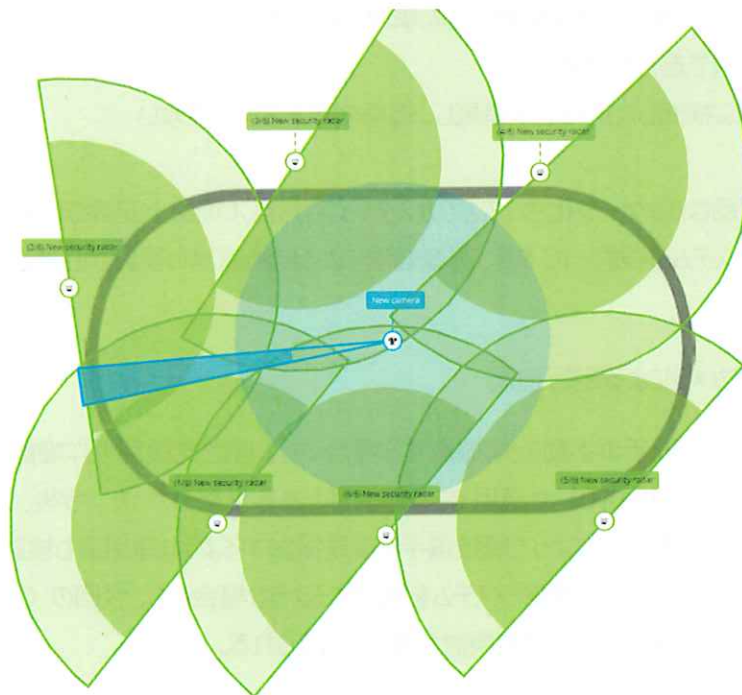


図 VII-3 レーダー設置案

(2) カメラの旋回速度による追尾遅れ

インフィールドカメラの前を走行した際にカメラの旋回速度を超えたため追尾遅れが発生し、映像内から走行者が見切れる場面があった。

上記課題は審判室屋上のカメラでは発生しなかったため、カメラの設置位置を変更して検討、検証を行うことで解決可能である。

例えば、図 VII-3 レーダー設置案のようにコース中央にカメラを設置することで、走行者との間に距離ができるため、旋回速度を超えたため追尾遅れは発生しづらいと考える。

(3) 既存のレーダー検知は監視用途のための製品

今回検証に使用したシステムは防犯用途のものを流用したため、競技撮影時に必要になると思われる以下の機能が不足している。

・自動追尾対象選手の指定

レーダーでは選手を識別することはできないため、指定した選手を自動追尾することはできない

・集団の撮影

ズームを制御しカメラの画角内に納まる場合は、全員が映るように追尾し、納まらない場合は最初に検知した車両を追尾する

・大人数で走行時の追尾

最初に検知した走行者を追尾し、追尾対象を変更できない

既存製品はパッケージ化されておりカスタマイズが難しいため上記課題の解決のためには新たなレーダーシステムの検討、IC タグ、画像処理による自動追尾の検討が必要となる。

2.2. 全周詳細カメラによる走行追尾

実験より、競技選手の手動追尾撮影する場合にも、判定支援用の詳細撮影カメラ（CR-N500）およびリモコン（RC-IP100）が適用できる可能性があることが分かった。今後、審判室にカメラおよびリモコンを設置し、手動操作によって競技選手を追尾撮影するような運用案も検討出来ると考えられる。

また、将来的に自動追尾撮影システムを構築するような場合にも、今回の CR-N500 を自動追尾撮影システムの一部として組み込む検討が可能と考えられる。

3. 将来の展望

3.1. 審判判定装置改善

(1) 目的

審判判定の効率化、公平化

(2) 背景

競技種目が複雑であり、映像を遡及しての判定が有用に活用できると考えております。

会場でのレイアウト、必要な機材、省人化しても運用可能な環境について一度大会運営を見学し効率的な配置、簡単な準備等を確認できればと存じます。

(3) 具体的なゴール

- ・録画サーバ（VMS）を中核とした録画・参照・操作の改善
- ・競技タイムとの連携
- ・会場内の任意の場所で映像参照が可能な基盤構築

3.2. コース上の走行車自動追尾

(1) 目的

競技の魅力のアピールする為に臨場感ある映像を取得及び審判判定の支援

(2) 背景

今回自動追尾については、一定の有用性が見込める結果が得られた。

自動追尾映像については、会場設備として設置し、インターネット等で配信する。

アマチュア選手の振り返り等活用が見込まれる。

(3) 具体的なゴール

複数方法での検証を行う。

・画像処理

カメラ内の画角に入る選手を追尾する。

旋回型カメラ（4K）利用（手動記録方式・画像処理自動追尾方式）

固定カメラ（4K）内での映像切り出し方式

・レーダー

防犯用との侵入検知レーダー技術の応用

6台のレーダーを用いて最適な配置の確認と複数カメラ（FHD）を利用した検証

・ICタグ+α

物流 IC タグを用いた大会運営。特定選手の映像取得

3.3. 大会運営管理システム

(1) 目的

大規模大会を少人数で運用できるよう、IC タグを用いた参加者の管理

(2) 背景

運用人員に限度があり、参加者への連絡、記録などの効率化が求められる。

(3) 具体的なゴール

IC タグを活用した、大会参加者管理、メッセージ通知、大会記録の確認などを容易にする。

3.4. 走行タイム連携

(1) 目的

大会中の結果を録画映像内にテロップ表示する方式の検討

(2) 背景

現在録画データに記録できるのは、通常の間時間となり、計測データのテロップ埋め込みが大会運営時での必要性がある。(特に長距離競技)

(3) 具体的なゴール

録画システムへ新たなソフトウェアを開発し導入を行う。

- ・録画データへのタイムのテロップ埋め込み
- ・録画データに周回等のインデックスを埋め込み検索を容易にする。

尚、録画データファイルへのデータ付与方式とし、カメラメーカーについては問わない構成とする。