

大規模複合施設におけるICT技術の利用実証実験

情報通信研究機構
ネットワーク研究本部
ネットワークシステム総合研究室

- 実験の概要
- 実験の背景
- 実験の目的・実施場所
- 将来イメージ
- 実験で取得する人流に関する情報
- 実験において使用する情報取得手段
- 実験計画について
- 実験システムの構成
- 実験を実施する施設
- 参考情報

実験の概要

大規模複合施設におけるICT技術の利用実証実験概要(1/3)



【目的】 大規模災害時の避難誘導等の安全対策に活用できる人の流れに関するデータを最先端のICT技術を用いて取得可能かどうかを検証

【実験場所(センサ設置場所)】 大阪ステーションシティ (大阪府大阪市北区梅田3丁目)
(JR大阪駅を含む複合施設)

【実験期間】 平成26年度～27年度(予定)
(うち、数日間×年数回程度を想定。詳細は決定後に事前公表)

【実験機関】 独立行政法人情報通信研究機構
(ステップ1実験(下記)は、映像解析技術を持つ機関との共同研究により実施)

【センサ設置場所施設管理者】 西日本旅客鉄道株式会社、大阪ターミナルビル株式会社

【実施方法】 ステップ1実験、ステップ2実験の2段階に分けて実施
・ステップ1実験: 疑似環境での実験(数十名程度の被験者に限定した実験)
・ステップ2実験: 実環境での実験(一般の利用者を対象とした実験)

【実施分担】

ステップ1実験

項目	NICT	共同研究機関
撮像情報の取得		
特徴量データの生成と処理		
人流統計情報の作成		

ステップ2実験

項目	NICT	施設管理者
撮像情報の取得		
特徴量データの生成と処理		
人流統計情報の作成		
災害に対する有効性検証		

本実験では、大きく分けて次の2つのステップで実験を行う予定。いずれも第三者委員会が適切と認めた解析技術、方法に従い実施。

ステップ1実験:疑似環境での実験

一般の利用者は立ち入り禁止となる時間帯(深夜)に、あらかじめ承諾いただいた被験者数十名程度に限定して実施(主に解析技術の精度検証が目的)

ステップ2実験:実環境での実験

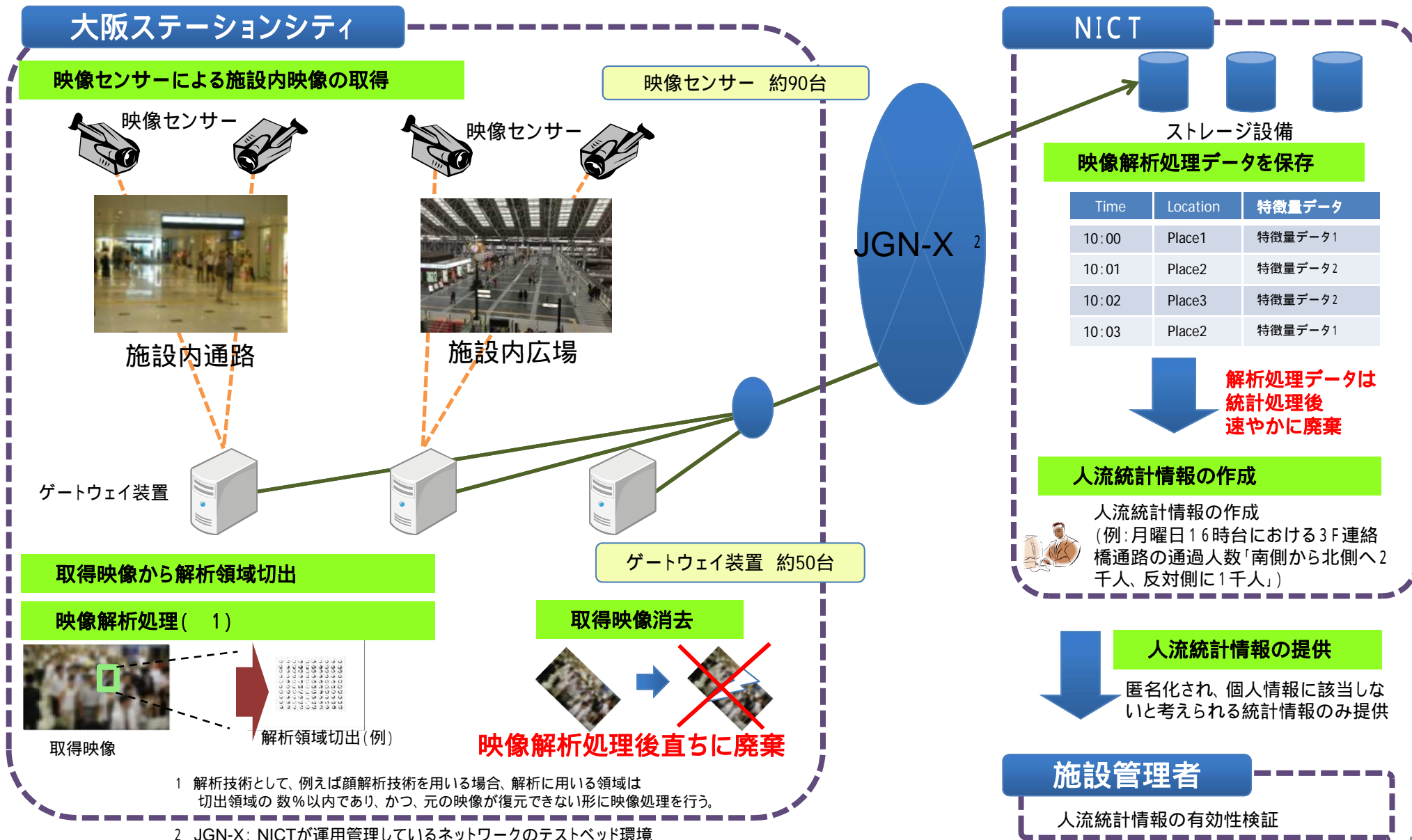
一般の利用者を対象として季節毎、解析技術毎に1週間程度実施(主にデータの有効性検証、システムの性能検証が目的。解析技術3種類が許可いただけたとすると、実施日数は、年間84日間)

ステップ1実験から実施し、ステップ2実験は技術検証が完了したもののから実施する。

大規模複合施設におけるICT技術の利用実証実験概要 (3/3)



【ステップ2 実験概要図(イメージ)】



実験の背景，目的・実施場所，
将来イメージ

- 多くの人が集まる場所で災害が発生した場合、危険な状況にある場所からの避難が必須
- 避難・誘導が課題となる例：南海トラフ地震
 - JR大阪駅周辺は最大2メートル浸水、JR大阪駅付近の帰宅困難者は18万人¹
- 避難の過程では以下の要因により被害が拡大する危険がある
 - 混雑・浸水・火災等による適切な避難先の変化
 - 特定の経路の混雑による高密度化・高圧力化・避難遅延
 - 避難行動要支援者への支援不足
 - 子供、高齢者
 - 80歳代は60歳代よりも30%程度移動速度が減速²
 - 明石歩道橋事故の犠牲者11名の内訳は子供9名、高齢者2名³
 - 平成16年に発生した一連の風水害では、犠牲者の半数以上が高齢⁴
 - 車椅子利用者等
 - 自力での移動が困難な場合がある



災害時の人々の状況を把握し、避難誘導に反映できるようにする必要がある

1 南海トラフ巨大地震災害対策等検討部会(<http://www.pref.osaka.lg.jp/kikikanri/bukai/>)資料より

2 吉名他, 高齢者の歩行速度、歩幅、歩行率、および歩行パターン, 理学療法学 21(No.2), pp.417, 1994.

3 室先, 明石花火大会における群集雪崩、予防時報 (2002), pp. 8-13.

4 内閣府, 防災情報のページ, <http://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/index.html>

課題:これまで、目視等により人数や滞留状況等を調査する必要があった。施設全体等、広範囲の対象について、情報を迅速かつ正確に得るには、多くの人員を割く必要がありコストが高かった。

目的:多くの人が集まる場所において、大規模災害時の避難誘導等の安全対策に活用できる**人の流れに関する情報**を最先端のICT技術を用いて取得可能かどうかを検証

実利用を考慮した
実験の想定環境

- 大規模災害時
 - 行動特性: 密集する大量の人が個別に行動(群衆)
 - 把握対象: 施設内にいる利用者全員
- 大規模複合施設
 - 建物内: 複雑な壁面形状や障害物が存在
 - 広域 : 複数建物にわたる広い範囲を対象とする設備が必要

実施場所: 大阪ステーションシティ



- ・ 駅施設や様々な商業施設等により構成される大規模複合施設
- ・ 多くの人に利用され、集散、滞留する状況が日常的に発生



災害時における人の流れに関する情報の把握と活用の例(将来イメージ)

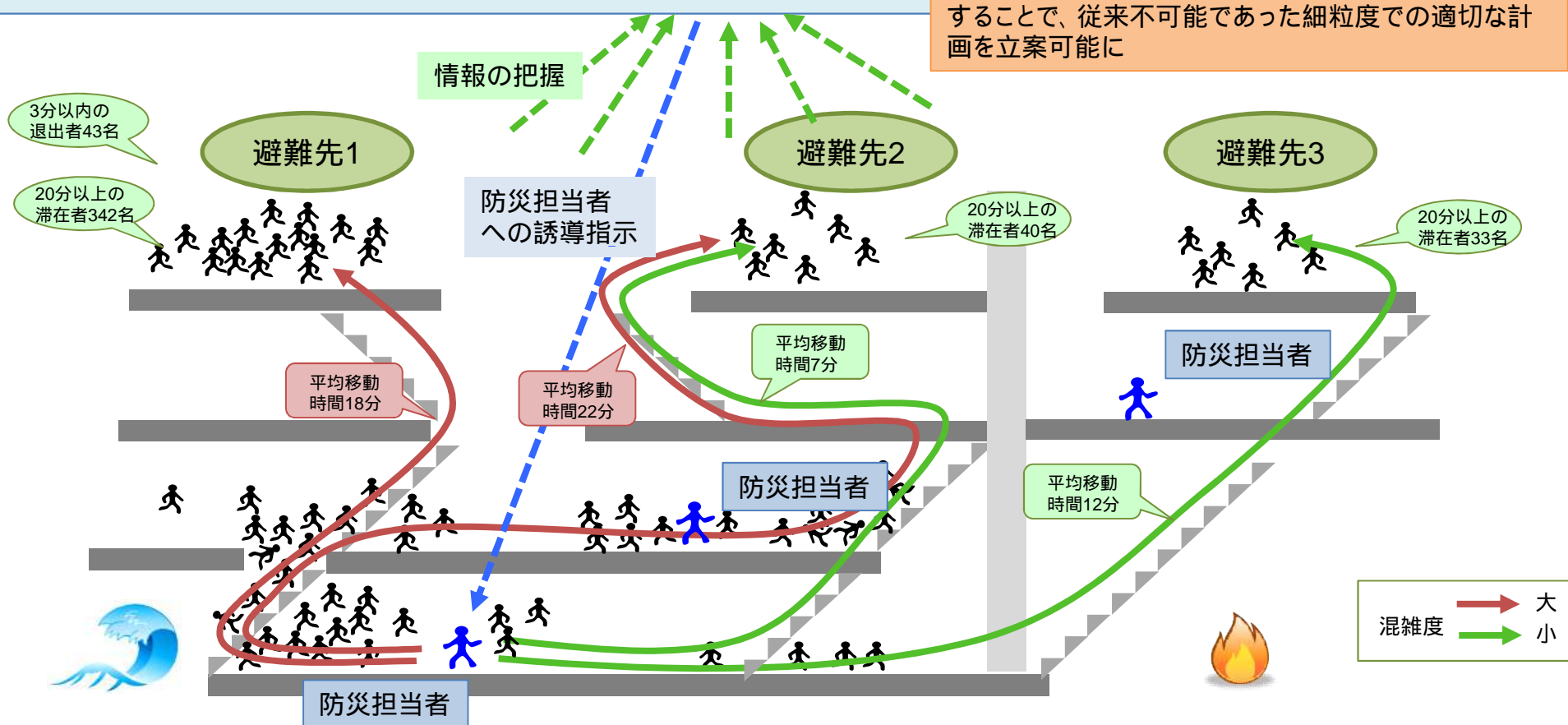
災害対策部門

- ・安全な一時避難所の把握
- ・避難所のキャパシティに対する**収容数の把握**
- ・避難所に至る、滞留なく**少ない移動時間となる経路の把握**
- ・**避難行動要支援者数**の把握



- ・避難計画の立案
- ・誘導指示の防災担当者への通知

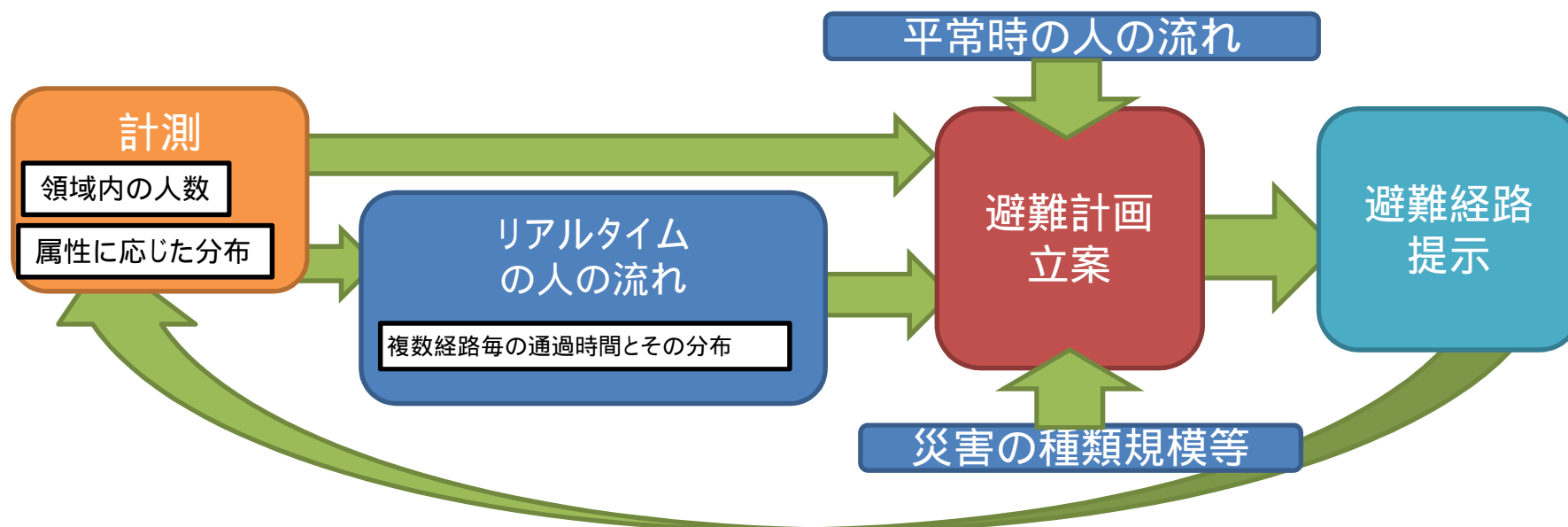
災害状況情報に加え、**人の流れに関する情報を把握**することで、従来不可能であった細粒度での適切な計画を立案可能に



- 災害時・緊急時
 - 観測間隔小(たとえば5分間隔)でリアルタイムに取得
- 状態変化を検知した誘導方法の変更等が実施可能
- 平常時
 - 時季、曜日、時間毎の分布等を取得
- 普段の変動状態を得ておくことで異常時の状態を予測可能
- 誘導計画立案等のための基礎情報を取得可能
 - 整備すべき避難場所のキャパシティ、防災担当者が誘導すべき利用者の数、用意すべき備蓄の量など

ICT技術の活用によって利用者の状況を把握する避難援用システム

災害時+平常時の人の流れに関する情報を用いて、広域にわたる発災時の利用者の状況を把握し、適切な避難先へ避難できるよう細粒度で避難計画を立案
立案された避難計画を防災担当者等へきめ細かく提示
リアルタイムに情報取得を繰り返して避難計画にフィードバックし、計画を最適化



実験で取得する人流に関する情報

議論のポイント:

- ・再識別化の防止

1. 領域内の人数

ある領域(フロア毎、避難所等)に留まっている人数を把握

- | | |
|----------------------|----------------------------------------|
| 例: 「浸水が予測される領域に500人」 | →避難誘導する対象として検知。0になれば避難完了 (A) |
| 「指定避難場所Aに300人」 | →避難済みの人数としてシステムに入力、さらに避難誘導可能な人数を計算 (A) |
| 「月曜日の午前7時、領域Aに2000人」 | →誘導計画立案等のための基礎情報として取得 (B) |

2. 複数経路毎の通過時間

目的地に至る複数経路を移動する人数・所用時間の分布を把握

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 例: 「現在、桜橋口まで大丸経由10分」 | →避難経路情報として通知 (A) |
| 「普段なら10分の移動時間が25分」 | →災害時の避難経路としての混雑を検知、避難経路を変更、後続に変更後の経路を提示 (A) |
| 「5分以上滞留している人が200人」 | →災害時の避難経路として異常(崩落や将棋倒し)または避難場所として利用されていると検知、提示する避難経路を変更などシステムへフィードバック (A) |
| 「月曜日の午前7時、桜橋口まで大丸経由10分」 | →避難経路の基礎情報として取得 (B) |

3. 属性情報

性別、大まかな年齢(子供、成人、壮年、高齢等)、その他属性に基づく避難行動要支援者の分布を把握

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 例: 「成人男性が多い領域」 | →遠くの避難所を優先的に誘導 (A) |
| 「子供、高齢者層が多い領域」 | →階段を避け、平地で移動できる避難所に誘導 (A) |

(A) 災害時・緊急時、(B) 平常時

本実験で得られる最終的な解析結果:人流統計情報



人の流れに関する情報を匿名化(一定人数以上の場合のみ具体的な値となる)し、「**人流統計情報**」として属性毎に算出

		経路	時刻	5分以内の人数	5-10分の人数	10-15分の人数
「領域内の人数」に相当	時空の広場入口A → そのまま滞在		10:00	10以下	131	180
			10:05	72	203	239
			10:10	230	445	476
「経路毎の通過時間」に相当	桜橋口 → 阪急出口		10:00	10以下	201	231
			10:05	152	343	324
			10:10	333	657	566
	大丸口 → 時空の広場入口B		10:00	10以下	224	432
			10:05	25	439	231
			10:10	122	323	434

属性(性別、大まかな年齢)毎に集計
 ・全属性の合計
 ・男性の合計
 ・男性(子供)
 ・男性(成人)
 など

集計結果が少人数となることによって個人が特定されないよう、一定人数 k 以下の場合は、「k 人以下」という情報のみとする(上記は一例としてk=10としている)

実験において使用する情報取得手段

議論のポイント:

- ・取得画像と肖像権との関係
- ・憲法第13条との関係
- ・取得画像処理後のデータとプライバシー権との関係

• トラッキング

- 映像解析を用いたトラッキング
 - 歩行者頭部等を認識してトラッキング
- LRF(レーザレンジファインダ)を用いたトラッキング
 - 足付近や腰付近をスキャンしてトラッキング

• マッチング

- 映像解析を用いたマッチング
 - 映像内に映った人の外見的特徴を用いてマッチング
- 電波を用いたマッチング
 - RFIDタグを配布してマッチング
 - 歩行者が持つスマートフォンが発信するWiFiやBluetoothの電波を用いてマッチング

• カウンティング

- 上記の各手段において人数加算のみ実施するカウンティング
- サーモグラフィ・赤外線センサーによるカウンティング
- マットセンサーによるカウンティング

	トラッキング		マッチング		カウンティング
	映像解析を用いた トラッキング	LRFを用いた トラッキング	映像解析を用いた マッチング	電波を用いた マッチング	各種手段
実現手段	映像解析を用いた トラッキング	LRFを用いた トラッキング	映像解析を用いた マッチング	電波を用いた マッチング	各種手段
目的達成の可能性		属性取得は困難		属性は要 事前登録	時間の取得には 高度な推定が必要 属性は ×がある
「行動特性: 密集する多くの人が個別に 行動」への対処可能性		× 隠蔽が多く発生			-
「建物内: 複雑な壁面形状や障害物が存在」 への対処可能性	× 隠蔽時は追跡不可	× 隠蔽時は追跡不可			-
「広域: 複数建物にわたる広い範囲を対象とする 設備が必要」への対処可能性	× 広域のトラッキング に多数設置が必要	× 広域のトラッキング に多数設置が必要	安価な機器が 利用可能	× 専用設備の設置 が必要	-
「把握対象: 施設内にいる全員」への対 処可能性				× 全員の把握が 困難	-

目的達成の可能性が高く、想定環境に適応可能な「映像解析を用いたマッチング」を本実験における主たる検証対象とした

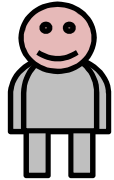

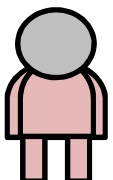
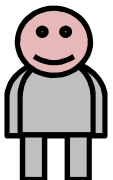
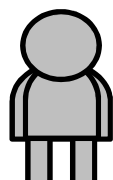
- 「マッチング」は、People re-identification と呼ばれる画像解析分野の問題に相当
- いくつかの画像解析技術が適用可能。国内技術に優位性あり^{1, 2}
 - 顔特徴量解析
 - 顔の特徴を解析
 - マルチモーダル解析
 - 服装・色等を含めた複数の歩行者の外見的特徴を解析
 - 歩容解析
 - 歩容(歩きぶり・動き)の特徴を解析

¹ 様々な国内企業が世界トップクラスの顔解析技術を持つ。NISTのベンチマークテストNo.1の技術、FAR(他人と間違える確率)を 10^{-9} 以下に設定可能な技術など企業毎に特色を持つ。

² 世界最大のデータベースに基づく歩容解析技術が国内技術として存在。M.Okumura, H.Iwama, Y.Makihara, Y.Yagi, "Performance evaluation of vision-based gait recognition using a very large-scale gait database," 2010 Fourth IEEE International Conference on Biometrics: Theory Applications and Systems (BTAS), pp.1-6, Sept. 2010.

映像解析技術の違いによる人流統計情報の取得精度の比較

本実験では、各映像解析技術を用いて人流統計情報を取得し、精度や性能を検証する予定

					
映像解析技術	顔特徴量解析技術	マルチモーダル解析技術	歩容解析技術	顔特徴量解析技術	各技術
情報取得方法	顔特徴量を用いてマッチング	服装等を含めた複数の歩行者の外見的特徴を用いてマッチング	歩容(歩きぶり)を用いてマッチング	属性を取得のうえカウンティング	歩行者の形状を検知してカウンティング
1) 特定の領域に留まっている人数の把握					
2) 目的地に至る複数経路を移動する人数・所用時間の把握				×	×
3) 属性の把握		×	×		×

実験計画について

議論のポイント:

- ・オプトイン、オプトアウトの実施
- ・公表すべき情報とその手段
- ・施設管理者への情報提供範囲

検証のポイント

1. 「建物内」の「群集」に対して十分な精度で、人流統計情報を取得することが可能か？
2. 「広域」を対象とし、人数が多数となったとき、リアルタイムに性能を保って処理できるか

【精度検証】 映像解析を用いた人流統計情報の取得精度

- マッチングによる人流統計情報の取得において各解析技術に応じた精度を検証
 - どの技術がどの程度の精度で人流統計情報を取得可能かを検証
- カウンティングによる人流統計情報の取得において各解析技術に応じた精度を検証
 - 人流統計情報として得るには推定が必要であるが、どの程度まで可能かを検証
- 各技術の精度向上の研究のためにフィードバック

【性能検証】 映像解析を分散並列処理するプラットフォームの性能

- 人流統計情報を得る処理の性能(遅延、スループット)を検証
- 処理の分散化にともなう精度低下の程度を検証
- 使用計算機リソース量を検証

【有効性検証】 避難誘導等へ活用できるかどうかの有効性

- 検証避難誘導等に利用できる有効な情報が得られているかどうかを施設管理者に検証いただく

ステップ1 実験の計画

- (1) 実験期間:
9月下旬以降(1日～数日間) AM0:00～4:00頃(一般の利用者は立ち入り禁止となる時間帯に実施)
- (2) 主な検証項目:
 - ・精度検証
 - ・性能検証(ただし、規模は限定的)
- (3) 被験者数:
数十名程度(被験者については今後調整。実施内容についてはあらかじめ承諾いただく)
- (4) 実験場所:
大阪ステーションシティ内の、時空の広場(5F)、JR大阪駅改札口付近(1F及び3F)、JR大阪駅北東部連絡通路(2F)
(立ち入り禁止区域かつ一般利用者が映り込む可能性が無い場所)
- (5) 実施手順:
 - システムの全体調整(画角調整等)を行う
 - 被験者全員が指示に従って映像センサーの撮影範囲を歩行する
 - 異なる服装で実施
 - 、 を、ゲートウェイ装置に録画システムを一時的にインストールして、映像として保存、異なる解像度、フレームレート設定で録画(2パターンを想定)
- (6) 検証作業:
 - 実験期間後、後日、保存された映像データをシステムの入力情報として利用。
 - 映像データを研究室に持ち帰り、研究室内のPC上にインストールされたソフトウェアを用いて検証(精度検証)
 - 大阪ステーションシティ内設置のシステムの入力として録画データを用いて検証(性能検証)
- (7) その他:
大阪大学との共同研究として実施を検討中。共同研究先機関はNICTと協力して(6)を行う。

ステップ2 実験の計画

(1) 実験期間:

2014年11月以降に、季節ごと、映像解析技術ごとに、それぞれ1週間ずつ実施。
解析技術3種類での実施が認められたとすると、実施日数は年間、

$$3(\text{解析技術}) \times 4(\text{季節}) \times 7(\text{日/週間}) = 84(\text{日間})$$

(2) 主な検証項目:

- ・精度検証
- ・性能検証
- ・有効性評価

(4) 実験場所:

適切と認められた実施場所

(5) 実施手順:

- データ取得を実施
- いくつかのポイントで、人手による計測を実施

(6) 検証作業:

- 出力された人流統計情報と(5) の情報とを突き合わせ、精度を検証(精度検証)
- データ取得における性能を検証(性能検証)
- 出力された人流統計情報を、施設管理者に提供して有効性を評価いただく(有効性検証)

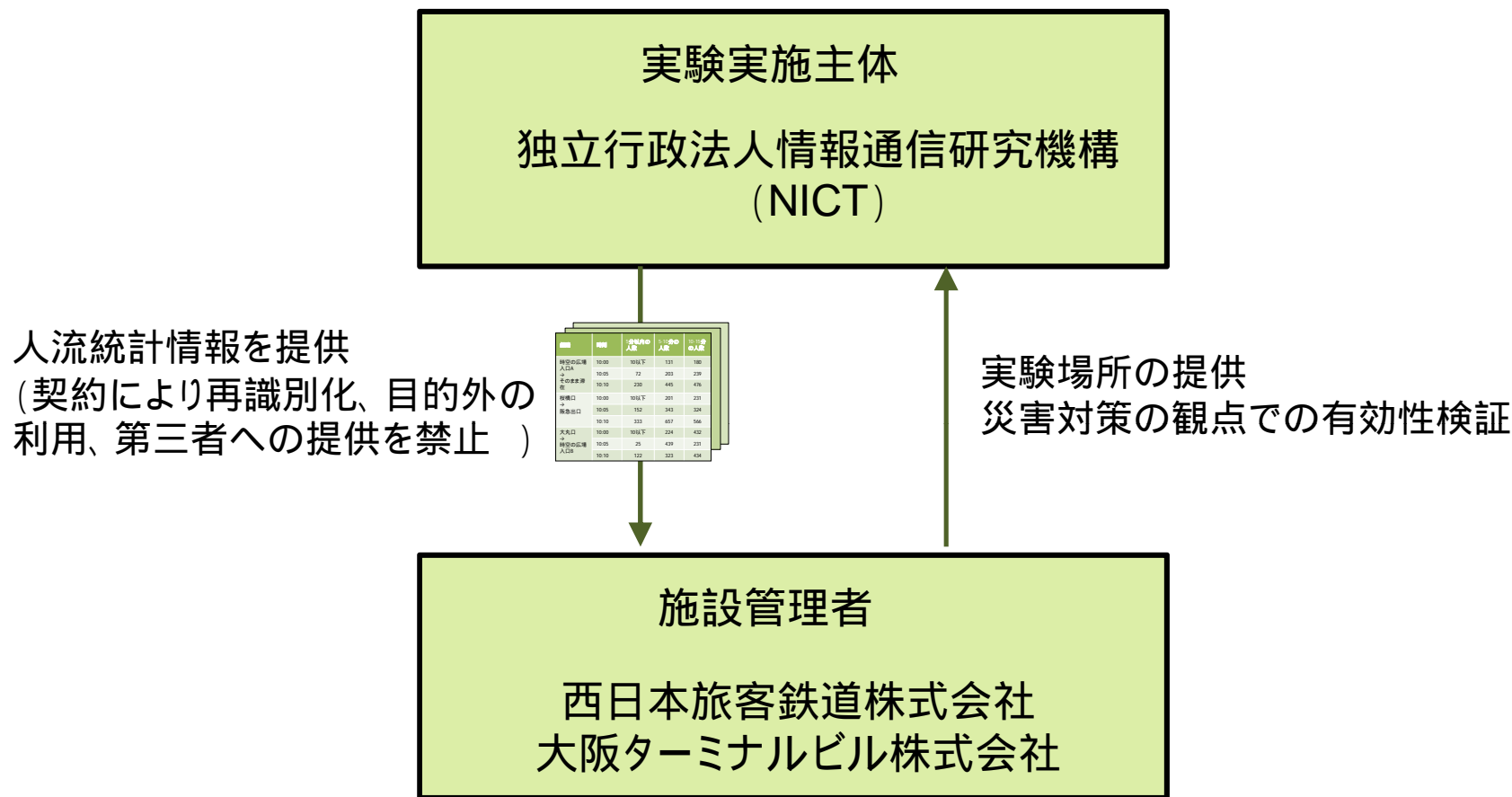
(7) その他:

実験システム運用上の作業支援(故障・不具合への対応、システムの起動・終了など)を外部業者に委託することも検討中。

人流統計情報の施設管理者への提供(ステップ2 実験)



人流統計情報を施設管理者へ提供し、災害対策の観点での有効性確認を行なっていただく



建物使用貸借契約書(2013.11.19付)より(丙=NICT)

第5条 丙は、丙が実験で取得したデータを分析した結果得られた特定の個人を識別することができる情報を含まない情報について、貸主から提供を求められた場合には、法律その他の法令等に照らし問題ない範囲内で無償で提供しなければならない。

2 貸主は、前項により得た情報を、他の情報と照合するなどして、個人を識別できる情報へ変換してはならない。

3 貸主は、第1項により得た情報を、丙と合意した利用目的に限り使用し、それ以外の目的での利用、第三者への提供等は行わないものとする。

実験システムの構成

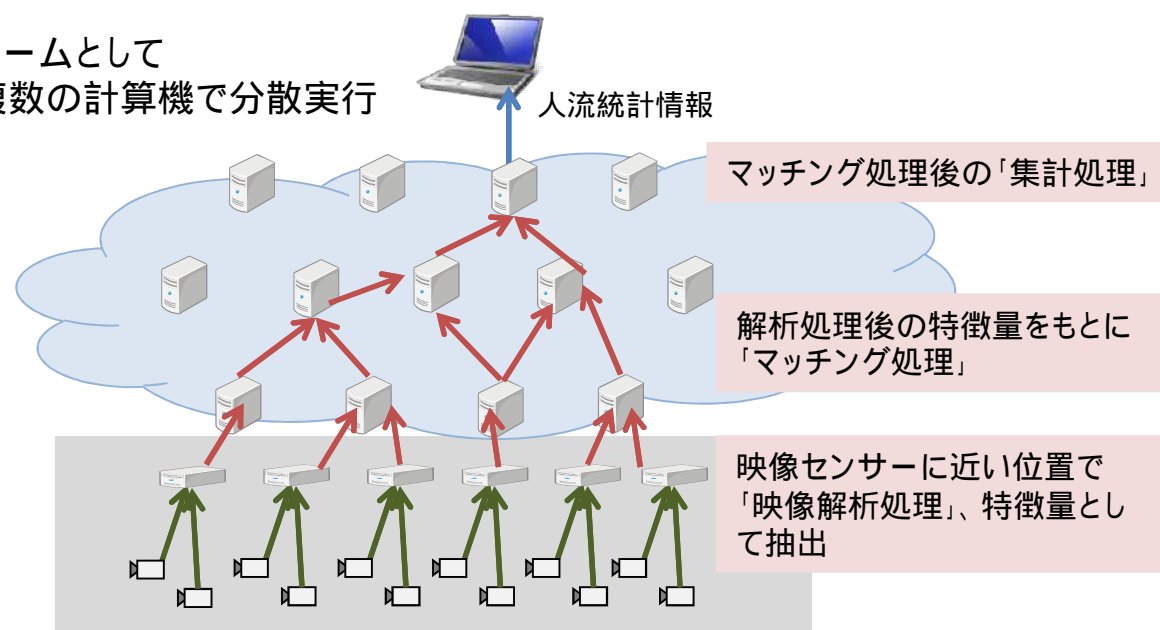
議論のポイント:

- ・システムのセキュリティ確保方法
- ・取得画像処理後のデータとプライバシー権との関係

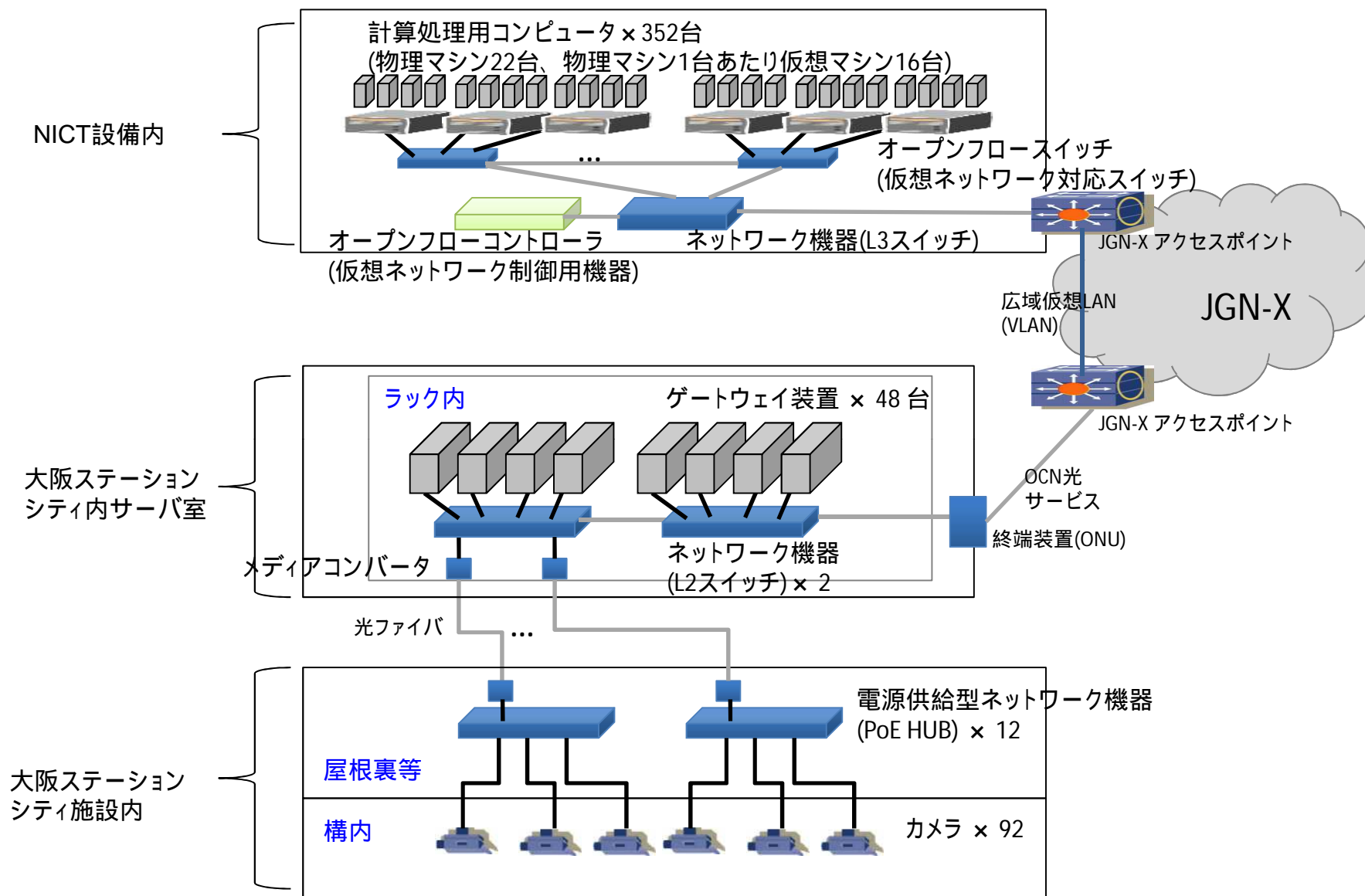
- 映像解析、マッチングは複雑であり、一度に多くのカメラ映像の解析やマッチング処理を行なう必要があるとき、計算機リソースは膨大となる
- 複数の計算機を用いた分散並列処理によって必要となる計算機リソースを確保(スケールアウト)
- セキュリティ(プライバシー)の観点から、できる限り個人に関わる情報がシステム上に留まらないようにする

システムの全体構成

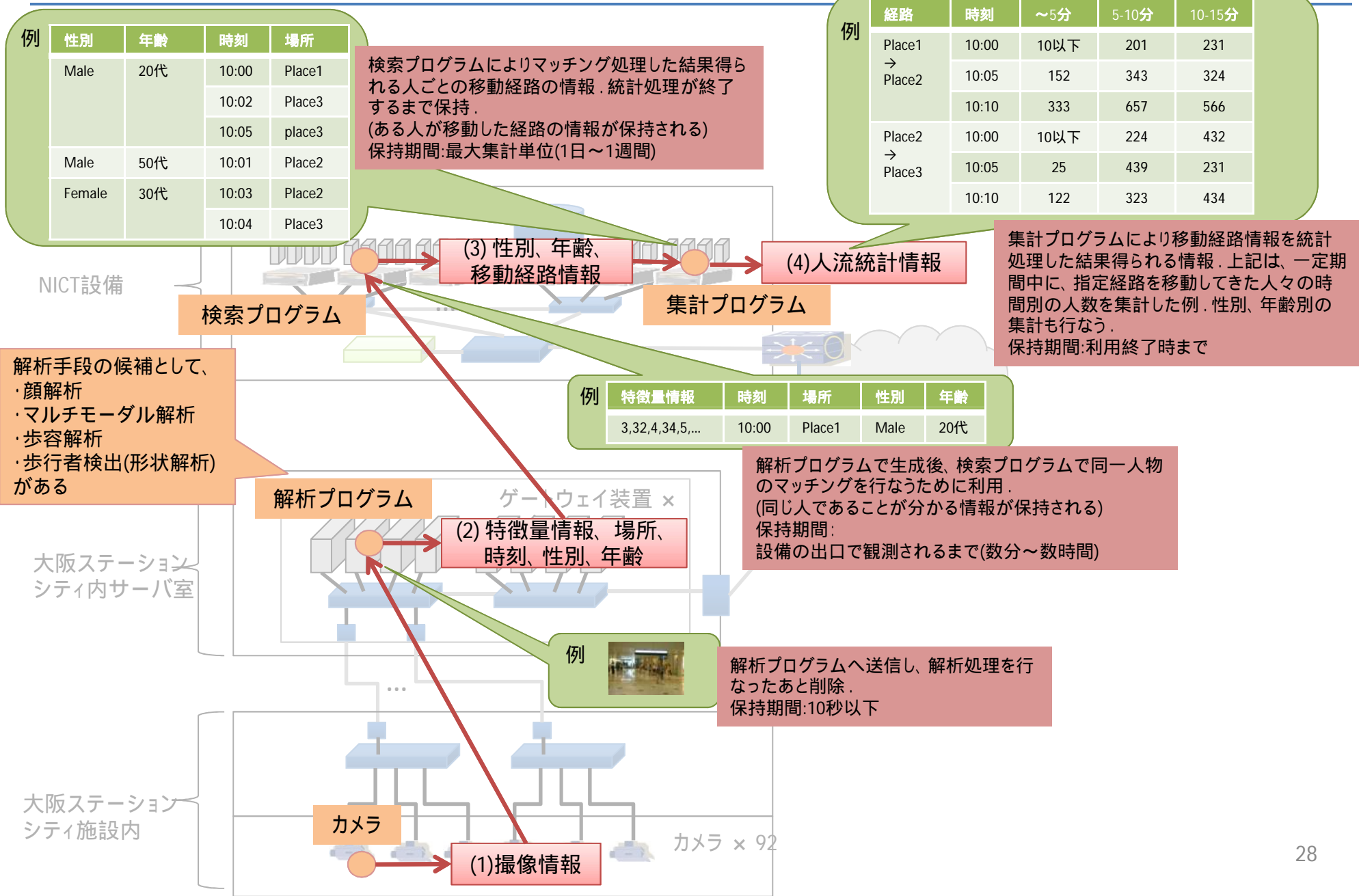
分散並列処理プラットフォームとして
マッチング(検索)処理を複数の計算機で分散実行



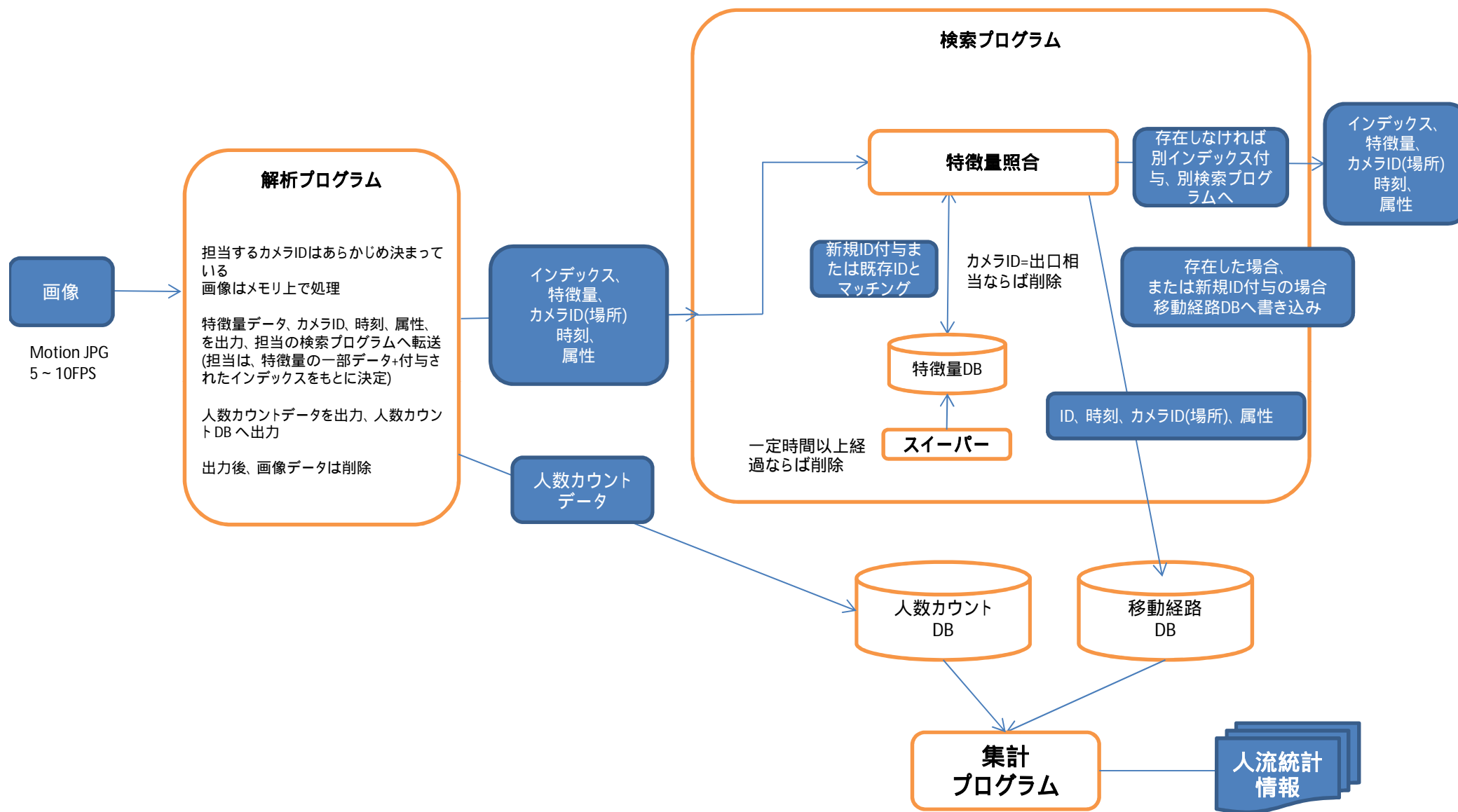
実験設備の全体構成



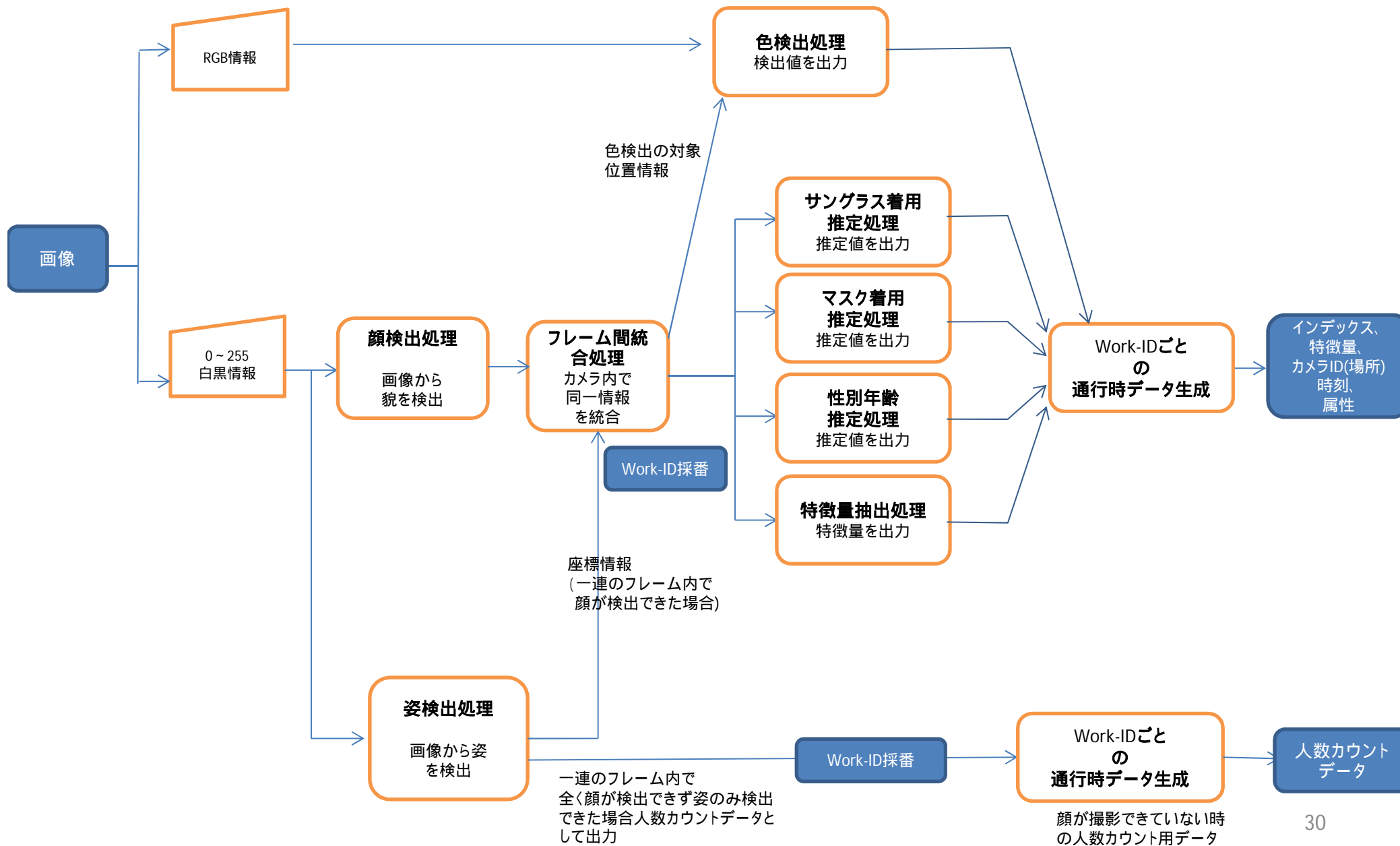
実験設備内の情報の流れ



全体モジュール構成 (映像解析 + マッチング)



解析プログラムのモジュール構成 (顔解析技術の場合)



セキュリティに関わる内容のため非公開

実験を実施する施設

議論のポイント:

- ・オプトイン、オプトアウトの実施
- ・公表すべき情報とその手段

セキュリティに関わる内容のため非公開

セキュリティに関わる内容のため非公開

実験のウェブサイトのほか、映像センサー設置位置付近の柱等にあるポスター枠や、立て看板に映像センサー設置位置、実験内容等について表示

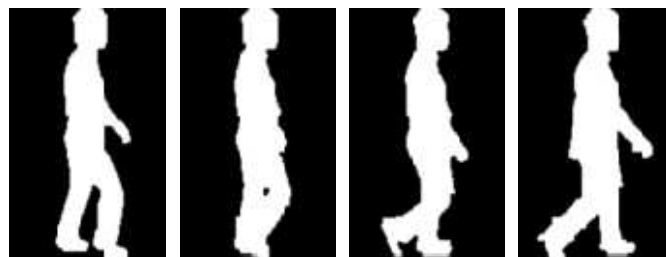


ポスター枠の例



立て看板の例

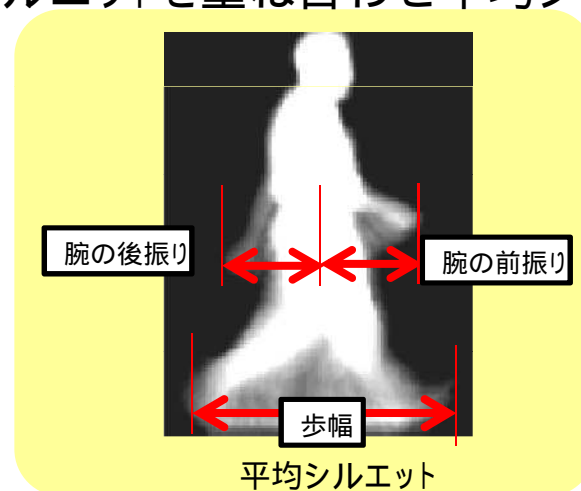
参考情報(映像解析技術について)



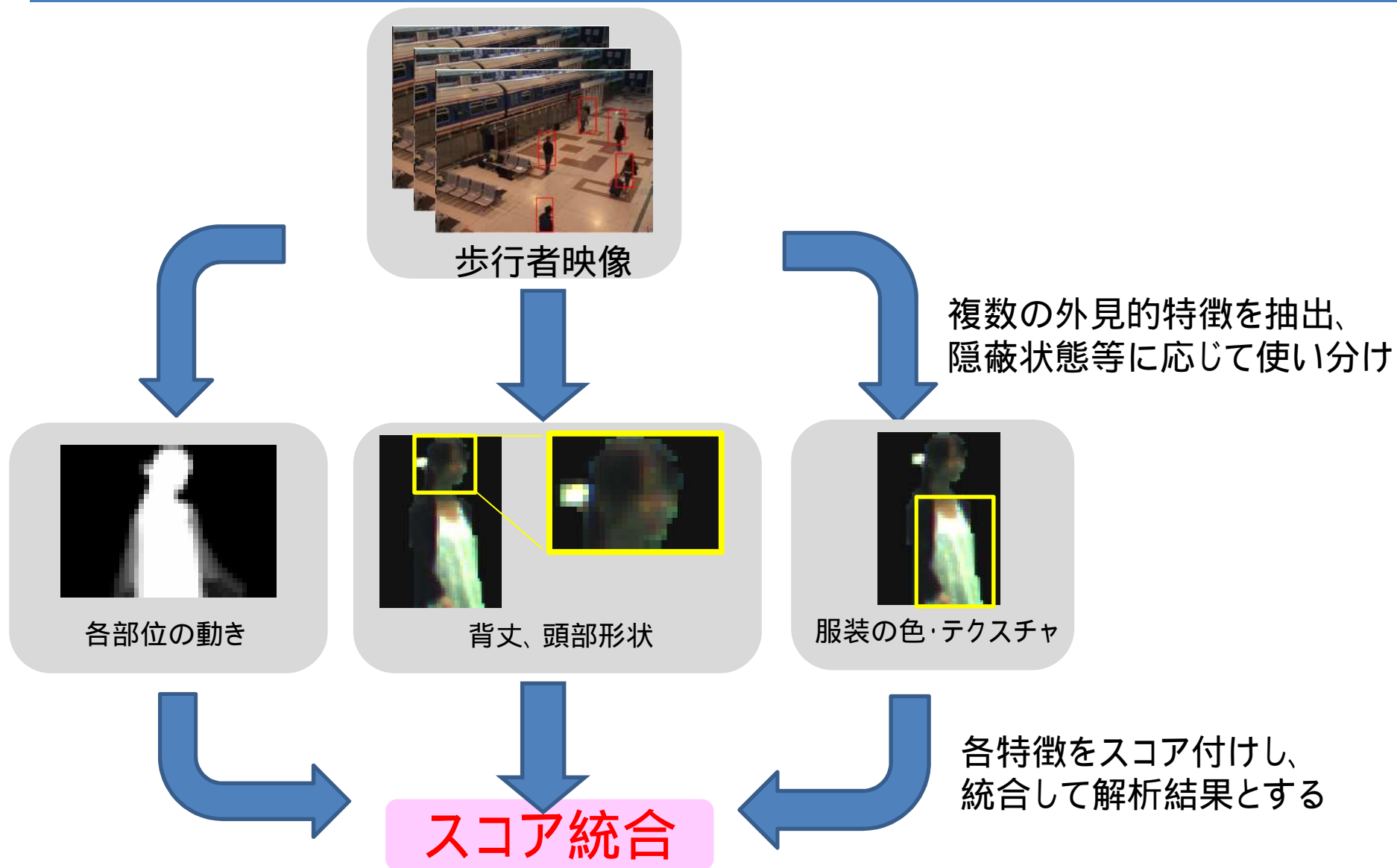
歩行の様子をカメラで撮影しシルエット化



多数のシルエットを重ね合わせ平均シルエットを作成

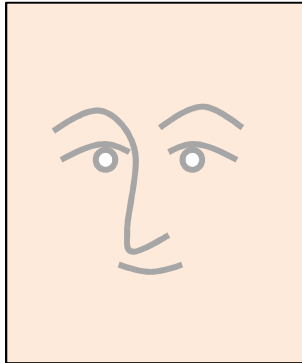


平均シルエットや前後の画像から、歩幅、腕の前後振り、歩行速度等を算出し、解析結果とする

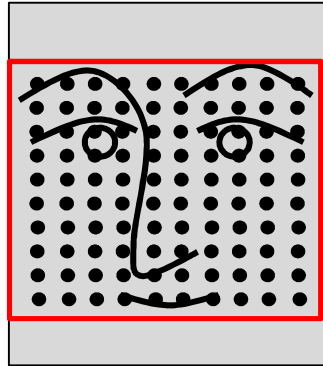


参考) 顔解析技術の概要

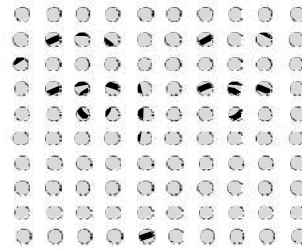
切り出した顔カラー画像



白黒に変換し、
顔周辺領域をサンプリング



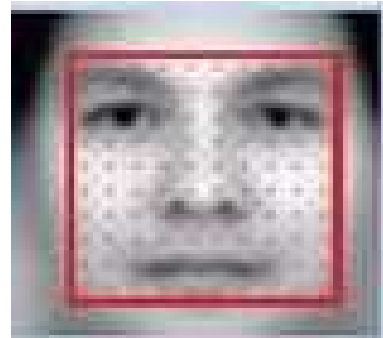
サンプリングされた
顔画像



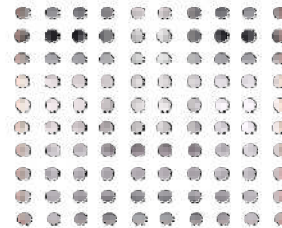
サンプリングされた
顔画像数値データ(濃淡)

226	21	228	139	214	163	196	254	188	226
184	14	231	125	90	83	0	60	143	184
27	255	23	79	200	130	197	248	141	27
240	10	122	58	255	203	221	203	127	240
44	1	74	195	157	155	210	245	180	44
133	63	244	133	121	194	166	158	48	133
80	157	118	218	168	91	209	68	15	80
46	172	194	164	189	9	35	72	105	46
6	131	128	55	41	99	226	79	204	6
159	172	217	249	141	113	52	124	101	159

相関演算 = 解析結果



標準顔
(2000人の顔画像から計算される
架空の顔画像)



標準顔の
サンプリング画像

99	224	234	192	242	226	239	73	241	99
30	81	120	91	173	55	144	16	143	30
153	159	96	36	150	172	60	190	172	153
22	18	80	213	28	139	116	7	162	22
5	71	140	42	216	120	81	241	235	5
93	185	5	114	61	113	40	129	208	93
153	34	215	220	191	227	143	218	199	153
195	237	207	218	141	41	60	166	182	195
27	146	16	11	138	199	59	95	94	27
197	249	170	206	70	175	161	41	76	197

サンプリングされた
標準顔画像数値データ(濃淡)

多重変動分析法による局所特徴比較方式: 理想的な環境では、角度が上下30度、左右45度以内であれば、 $FAR=10^{-9}$ の設定で90%以上の正解率が得られている。