

経済産業省委託事業

石油プラント保守・点検作業支援システムの開発
(平成16年度～平成18年度)
研 究 の ま と め

社団法人人間生活工学研究センター
東洋エンジニアリング株式会社

目 次

はじめに

1	作業行動の計測・蓄積システム	1
1. 1	ウェアラブル・デバイスの開発（IDEC株式会社）	2
1. 2	作業管理システムの開発（東洋エンジニアリング株式会社）	4
1. 3	作業情報データベースの開発（東洋エンジニアリング株式会社）	6
2	作業行動の解析・理解技術	8
2. 1	作業ノウハウ場面の解析結果（社団法人人間生活工学研究センター）	9
2. 2	作業情報の自動解析技術の開発（独立行政法人産業技術総合研究所）	11
3	作業支援のための教育ツール	14
3. 1	マルチメディアマニュアル（東洋エンジニアリング株式会社）	15
3. 2	ノウハウ獲得支援システム（東洋エンジニアリング株式会社）	17
3. 3	行動パターン比較システム（東洋エンジニアリング株式会社）	19
4	実用化イメージ（東洋エンジニアリング株式会社）	21

はじめに

石油精製プラントにおいては、我が国製造業の中でも設備年齢が最も高く、しかも今後数年の間に第1次オイルショック以前に大量に採用した現場の作業員が一斉に定年を迎える。そのためプラントの保守・点検作業の質的な低下が危惧されており、産業事故を防止する観点から、若い作業員の熟練度を短期間で向上するための支援技術や、作業現場と中央計器室間でリアルタイムに情報共有を行って相互連携を円滑に進める仕組みの構築が求められている。

そこで本研究開発では、石油精製プラントにおけるフィールド・オペレータの日常の保守・点検作業を自動蓄積し、その中に含まれる作業ノウハウ場면을抽出して、その情報を作業教育に活用する仕組みの研究開発を進めてきた。また、フィールド・オペレータの作業状況を映像によって中央計器室のオペレータも共有化し、相互連携が行える仕組みの研究開発を行った。

技術開発の重要なポイントは、作業内容を切れ目なく記録して残しておくことにより、作業ノウハウが現れた場面を後から抽出できるようにする点にある。作業ノウハウが発揮された場面では、いつもと違う作業手順や作業姿勢が現れることが期待され、作業に要する時間や作業姿勢に違いが現れると考えられる。このような作業ノウハウ場面を見出すためには、切れ目なく作業行動を記録して、作業内容を比較・解析することができる自動解析技術が必要になる。本研究開発ではこのような技術の開発を進め、「日常作業からの知識化」が行える新しい技術の基礎を構築することができたと考えている。

本報告書は、研究開発を実施した平成16年度から3年間の研究成果をまとめたものである。第1章では、フィールド・オペレータの日常作業を蓄積するために開発したデバイスやシステムについて述べる。第2章では、蓄積された作業情報から特徴的な作業を見出すための解析手法や作業内容を理解して作業の違いを自動判別する手法の開発について述べる。第3章では、蓄積した作業情報の解析から見出された作業ノウハウ場면을教育コンテンツに仕上げて、作業教育支援ツールとして活用するための技術開発について述べる。第4章では、開発した技術を実用化する形態についてどのように考えているかについてまとめた。

本研究開発で開発した技術は、製造業等における熟練者等の作業ノウハウの抽出と伝承に貢献するだけでなく、現場作業が計画通りに実施されたことを検証するツールとしても活用できるものである。本報告書が、様々な分野で必要となっている「日常作業からの知識化」に少しでも貢献できることを期待している。

プロジェクトリーダー
産業技術総合研究所 松岡克典

1. 作業行動の計測・蓄積システム

東洋エンジニアリング株式会社
I D E C株式会社

石油精製プラントのフィールドオペレータの日常的保守・点検作業において運転室と現場での情報の共有化を図ると共に、この情報を映像と行動というコンピュータで扱える情報として自動的に蓄積する技術を開発した。開発システムは、図 1-1 に示すように、作業行動を計測するウェアラブル・デバイス、デバイスからの映像・音声、加速度情報、現場に設置した固定カメラの映像情報、ページング音声、プラント運転データ、ヒアリング情報を収集する作業管理システム、収集した作業情報を蓄積する作業情報データベースから成る。蓄積した作業情報は、作業行動解析を行うとともに、教育コンテンツ作成の基となるものである。

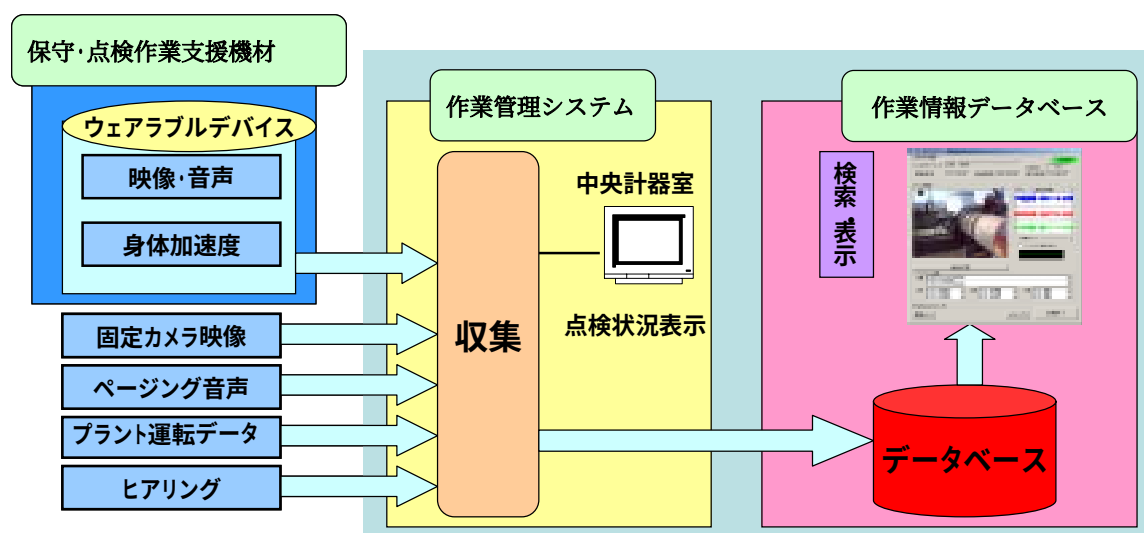


図 1-1 作業行動の計測・蓄積システム概要図

1.1. ウェアラブル・デバイスの開発

I D E C株式会社

1. 開発目的

石油精製プラントにおける作業者の保守・点検作業に係る作業行動情報（保守・点検作業状態の映像、音声及び作業者の姿勢・動作等。以下「作業情報」という。）を取得するため、小型軽量で作業者の負担にならない身体装着型の本質安全防爆仕様の機材（以下「ウェアラブル・デバイス」という。）を開発した。

2. 研究開発内容と成果

ウェアラブル・デバイスは、ヘルメットに装着するカメラ部と腰部に装着する信号処理ユニット（3 軸の加速度センサ、SDカード、充電池等を内蔵）で構成されている。ウェアラブル・デバイスの仕様と外観を図1.1-1に示す。

ウェアラブル・デバイスは、石油精製プラント内で使用するため、カメラ及び信号処理ユニット共に本質安全防爆構造とした。「本質安全防爆構造の回路で発生する火花は、爆発性ガスに点火を生じないこと」、「本質安全防爆構造の回路の部品等は、許容温度を超えないこと」、「本安回路が他の回路から適切に分離されていること」という防爆の基本要件を満足するために、電流制限抵抗器、分離抵抗器を電池、CPU・SDカードの制御回路に挿入するとともに、SDカード本体を樹脂充填し、本体ケースは、導電性樹脂とした。

本研究開発では、無線LANで作業情報を送信する無線タイプと作業情報を蓄積するストレージタイプを開発した。

無線LANタイプは、本体に内蔵した無線LANのSDカードと現場に設置した防爆型の無線LAN基地局を使って作業情報を送信する。SDカードは、本質安全防爆構造とするために樹脂充填し、さらにSDカードを収納する本体ケースは、電波を通しにくい導電性樹脂で製作した。よって、所要の電波強度を確保できなかったため、本体ケースのアンテナ直近の一部を防爆の許容範囲内で電波を通しやすい非導電性樹脂に変更する改良を行った。

ストレージタイプは、本体に内蔵した蓄積型のSDカードで1GBの映像情報と加速度情報（約2時間30分の記録が可能）を蓄積できる。本体ケースの一部の蓋を開け、中からSDカードを取り出し、PCへSDカードを挿入して、映像情報と加速度情報をアップロードする仕組みで、主に教育コンテンツ映像作成用として開発した。

3. まとめ

石油精製プラントにおける作業情報を取得することができる防爆仕様のウェアラブル・デバイスを日本で初めて開発し、実働プラントの実証実験に供することができた。

- 防爆構造 本質安全防爆構造 **ExibIIIBT3**
- 電池 ニッケル水素電池内蔵(動作時間: 2時間以上)
- 使用周囲温度 0～40℃
- 重さ 本体 約620g
カメラ部 約150g
- カメラ CMOS 31万画素
- 映像仕様 QVGA、15～20fps、MPEG4
- 通信規格 IEEE802.11b(無線タイプ)
媒体: SDカード
- 保存容量 1GB(ストレージタイプ)
媒体: SDカード



図 1.1-1 ウェアラブル・デバイスの仕様と外観

1.2. 作業管理システムの開発

東洋エンジニアリング株式会社

1. 開発目的

中央計器室における保守・点検作業状況の把握や作業現場との情報共有を目的として、ウェアラブル・デバイスと無線LAN基地局により取得される作業情報やプラント運転情報を収集し、中央計器室において作業現場での作業状況をリアルタイムに把握でき、作業現場とのコミュニケーションが図れるシステムを開発した。

2. 研究開発内容と成果

実験の開始から終了までウェアラブル・デバイスからの映像情報及び加速度情報、実験プラント内に設置した固定カメラからの映像、その他ページング音声等の作業情報、及びプラント運転データを収集するシステムとし、収集したこれら情報は、実験室のモニタおよび中央計器室のモニタに表示した。中央計器室のモニタ表示は、実験中にボードマンがフィールドオペレータの点検状況を映像で確認し、中央計器室と現場のコミュニケーションを体験してもらうために用いた。また、実験でフィールドオペレータの点検作業の特徴的場面が発現した場合、リアルタイムにコメントを実験者が入力できる仕組みも用意した。

ハードウェア構成は、作業情報を収集するサーバ、作業情報を蓄積するサーバ、蓄積した作業情報を表示するPCで構成し、OSは、Windows2003Server®、WindowsXP®とした。

2. 1 作業情報の収集

ウェアラブル・デバイスからの映像情報(QVGA, 15~20fps)と加速度情報(約 17Hz)をはじめ、フィールドオペレータを外部から撮影し、行動を観察することを目的とした固定カメラからの映像(約 30fps)、ページング音声のデータをリアルタイムに収集し、モニタに表示するとともに、収集中にフィールドオペレータが特徴的な行動を取った箇所でボタンを押して、コメントを入力する仕組みを開発した。

2. 2 行動解析結果のリアルタイム表示

ウェアラブル・デバイスからの作業情報を基に、人間工学的解析技術により開発したフィールドオペレータの行動解析結果(位置、姿勢、注視状態、作業行動)をリアルタイムにモニタに表示する仕組みを開発した。行動解析結果は、1秒毎に文字で表示する方式とイラストで表示する方式とし、点検中に行動継続時間と作業遷移等のデータから、フィールドオペレータが普段と異なる行動(姿勢、注視点、作業行動)をリアルタイムで判定し、アラームを表示・蓄積する機能も開発した。図1.2-1に行動解析結果出力の流れと開発画面を示す。

3. まとめ

本研究開発により、実験プラント実験で映像と行動解析結果等大容量の情報をリアルタイムに収集・表示し、平成17~18年度にかけて2製油所で合計254回の実験を実施し、通常、得ることができないフィールドオペレータの保守・点検の作業情報を収集することができた。

1.3. 作業情報データベースの開発

東洋エンジニアリング株式会社

1. 開発目的

保守・点検作業に係る作業情報や熟練作業者の作業ノウハウの蓄積を目的として、実働プラントにおける作業情報を自動的に蓄積でき、装備した作業情報解析アルゴリズムを通して得られた熟練作業者の作業ノウハウに係る情報を蓄積・検索できるデータベースを開発した。

2. 研究開発内容と成果

作業情報データベースは、作業管理システムで収集した作業情報、作業情報解析アルゴリズムで作業内容を意味する情報、フィールドオペレータとのヒアリング結果の情報を蓄積する。蓄積した情報から作業姿勢、注視状態、作業動作の特徴的場面のシーンを検索・表示できる機能を開発し、膨大な情報からノウハウが出現する場面の発見の作業を支援した。

2. 1 作業情報解析アルゴリズム

ウェアラブル・デバイスの映像情報と加速度情報から作業内容を意味する情報に変換するために、次の4種類の作業情報解析アルゴリズムを装備した。

(1) 作業姿勢判定アルゴリズム

X, Y, Z軸方向の加速度情報を用いて、作業者の姿勢(歩行(強)、歩行(中)、歩行(弱)、静止、傾斜(大)、傾斜(中)、傾斜(小)、衝撃、走行)を9種類に自動判定する。

(2) 注視状態判定アルゴリズム

映像情報を用いて、作業者の注視状態の強さを強、中、弱の3種類に自動判定する。

(3) 作業動作判定アルゴリズム

判定した作業者の作業姿勢と注視状態を統合して、各場面での作業動作を5種類(移動、目視点検、触診・注視点検、屈み込み、覗き込み)に自動判定する。

(4) 位置認識アルゴリズム

ウェアラブル・デバイスで撮影した画像タグ(文字を記載した板)を画像認識し、フィールドオペレータの位置情報を判定する。

2. 2 ヒアリング結果入力画面

点検後のフィールドオペレータとのヒアリングにおいて、フィールドオペレータの特徴的行動を行った場面の情報を提供し、ヒアリング結果を入力する画面を開発した。ヒアリングした結果の入力・編集はもとより、映像、行動解析結果の表示、プラントレイアウト上での作業位置と注視状態に応じた視線滞留円の表示の機能も装備した。図1.3-1にヒアリング結果入力画面を示す。

2. 3 シーン分割・表示機能

人間工学的解析処理及び教育ツールのコンテンツ素材切出しのために、データベースサーバに蓄積した映像情報、フィールドオペレータの位置認識結果、姿勢判定結果、注視状態判定結果、作業動作判定結果から映像のシーンを分割・蓄積し、検索・表示できる機能を開発した。

図1.3-2に映像シーン検索・表示画面を示す。

3. まとめ

実験プラント実験で保守・点検作業管理システムで収集した作業情報及び行動解析結果を平成 17～18 年度にかけて両製油所で合計約 440 時間分蓄積することができた。また、映像、行動解析結果、位置レイアウト表示によって、的確なヒアリングを実施することができた。また、蓄積した情報から教育のコンテンツとなるノウハウ候補を抽出することができた。

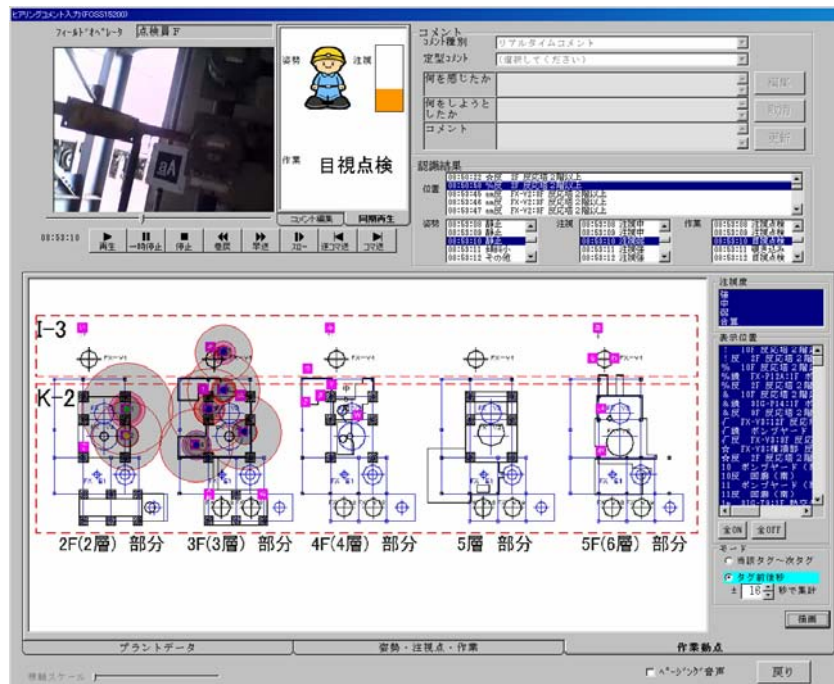


図 1.3-1 ヒアリング結果入力画面

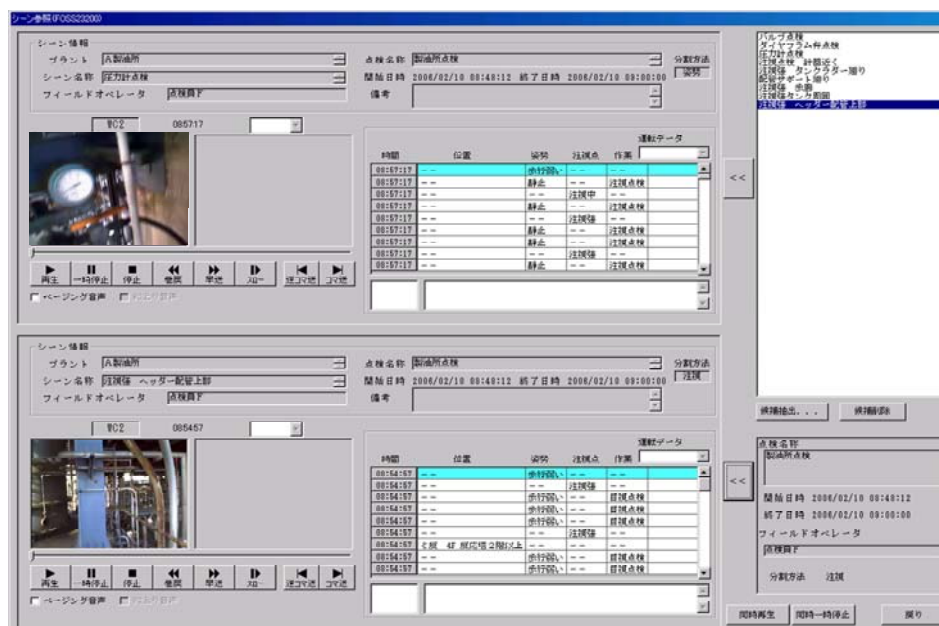


図 1.3-2 映像シーン検索・表示画面

2. 作業行動の解析・理解技術

社団法人人間生活工学研究センター
独立行政法人産業技術総合研究所
株式会社コスモ総合研究所
株式会社新日石総研

開発した作業行動の計測・蓄積システムにより、石油精製プラントでフィールド・オペレータが行う日常の保守・点検作業に関する行動情報をシームレスに蓄積できるようになった。この蓄積情報から作業内容を理解し、作業の違いを自動判別する解析手法を開発した。開発した手法により、作業時の作業姿勢と注視状態を自動認識することが可能になった。また、特徴的な行動が現れた場面や異なる作業が現れた場面を自動抽出することが可能になった。開発した手法を実働プラントで収集した蓄積情報に適用し、作業ノウハウが発揮された可能性のある場面を自動抽出できることが確認できた。

本章では、開発した作業行動情報の解析技術と行動理解技術について概説する。

2.1. 作業ノウハウ場面の解析結果

社団法人人間生活工学研究センター
株式会社コスモ総合研究所
株式会社新日石総研

1. 目的

本研究開発では、実働プラントにおいて作業情報の収集・蓄積を行い、人間工学的解析技術を適用して、点検作業に係る特徴的な行動の抽出とその評価を行うことを目的とした。

2. 内容と成果

防爆型のウェアラブルカメラと作業情報アルゴリズム等を装備した保守・点検作業管理システムによって実働プラントから実験時のフィールドオペレータ(以下「被験者」という。)の作業情報をデータベースに蓄積し、作業ノウハウに係る特徴的な作業情報を抽出し、抽出結果の評価と自動解析ツールの解析能力について検証を行った。

データベースに蓄積された被験者の作業情報から、オペレータ経験者の目視観察によって作業ノウハウに係る特徴的な作業情報を抽出することは可能である。しかし、実用化に際しては、抽出のために専任者としてオペレータ経験者を現場に配置することは現実的ではない。そこで、普段と異なる作業が現れた場面を自動検知できる解析ツールによって得られた結果が、オペレータ経験者によって抽出された作業ノウハウに係る特徴的な作業情報と類する結果が得られるのかを検証した。

データベースに蓄積された情報は、被験者の視方向映像、作業動線、注視点、姿勢状態がある。

まず始めに、被験者の点検作業が、自動解析ツールによってどのように判定されるのかを検証した。実働プラントに固定カメラを設置し、被験者の点検作業を撮影し、自動解析ツールの判定結果が被験者の行動をどの程度捉えることができるかを目視観察によって記録(図 2.1-1)し、検証した。その結果は、移動時で 90%以上、停止(静止と傾斜を合わせたもの)時で 60%以上と高い数値が得られ、点検時に作業行動を目視観察しなくても、自動解析ツールの作業記録から判定できることが分った。

次に、作業ノウハウに係る作業情報を抽出するため、被験者の中でも作業ノウハウを発揮する割合が高いと予想される熟練者を対象とし、点検時間や特定場所での注視時間の比較を行った。実働プラントでは、点検場所によってかける時間が異なるため、同種の機器が配置されている場所を括り、作業点検エリアとして区分けした。エリア単位でそれぞれに注視時間(注視強)の継続時間が長い部分の映像(図 2.1-2)を上位 10 点を切り出し、オペレータ経験者が映像目視によって抽出した普段と異なる行動(ノウハウ場面)と比較した。その結果、オペレータ経験者が映像目視によって抽出したものと同様の事例を見つけることができた。

3. まとめ

今後、点検作業に係る作業情報をデータベースに蓄積し、解析を続けることにより、作業ノウハウ場면을抽出できる可能性があることが分った。

システム自動判定結果							高野日：7月28日 試験台：AT（001目）				
点検日時 （開始）	秒	点検日時 （終了）	秒	経過時間	姿勢名称	作業名称	開始時間	終了時間	時間	行動	姿勢
14:00:19	0.384	14:00:19	8.888	9.272	姿勢変い	移動	14:00:19	14:00:20	0:00:01	移動	
14:00:19	0.412	14:00:19	8.888	9.117	姿勢変い	位置点検					
14:00:19	0.597	14:00:20	8.888	9.782	姿勢変い	移動					
14:00:20	0.409	14:00:21	8.888	9.781	姿勢変い	位置点検	14:00:20	14:00:21	0:00:01	停止	直立
14:00:21	0.239	14:00:21	8.788	9.527	姿勢変い	移動					
14:00:21	0.614	14:00:22	8.888	9.844	姿勢変い	位置点検	14:00:21	14:00:22	0:00:01	移動	
14:00:22	0.517				姿勢変い	移動					
14:00:22	0.578	14:00:22	8.888	9.117	姿勢変い	位置点検					
14:00:22	0.751	14:00:22	8.818	9.399	姿勢変い	移動					
14:00:22	0.989	14:00:23	8.888	9.781	姿勢変い	位置点検					




ウェアラブルカメラ映像
固定カメラ映像

図 2.1-1 固定カメラによる自動解析ツールの判定確認

注視強 上位映像	オペレータ経験者によるノウハウ場面
①  5/16 A_製油所 被験者KK(熟練者) ポンプヤード(南) 1057.59	日付 5/16 時間 1057:58~1058:06 被験者 KK ノウハウ場面 メカニカルシールからの微量の漏れ有無 の内容 を白い紙を当てて確認する。 理由 その他(独自の工夫による点検) エリア名 ポンプヤード(南)

図 2.1-2 注視強映像によるノウハウ場面の抽出

2.2. 作業情報の自動解析技術の開発

独立行政法人産業技術総合研究所

1. 目的

蓄積した作業情報から作業内容を自動理解して、普段と異なる作業が現れた場面を自動抽出する解析技術の開発を目的とした。

作業ノウハウが発揮された場面では、いつもと違う作業手順や作業姿勢が出現することから、作業姿勢と注視状態を自動認識し、作業内容の違いを自動判定する手法の開発を行った。

2. 内容と成果

(1) 作業姿勢と注視状態の自動解析技術

開発した解析技術では、作業者のヘルメットに装着した小型カメラからの映像を解析して4段階の注視状態（注視強、注視中、注視弱、注視なし）を自動判別でき、腰部に装着した3軸加速度センサからの身体加速度情報を解析して9種類の作業姿勢（傾斜小、傾斜中、傾斜大、静止、歩行弱、歩行中、歩行強、走行、衝撃的な姿勢変化）を自動判別できる。また、身体加速度情報から体の真下方向、前進方向、右横方向に対する体幹部の傾斜角度を逐次求めることができる。加速度センサの身体への装着方向を自動認識するアルゴリズムを開発したことにより、デバイス装着時の煩わしい装着方向の調整作業を不要にできた。また、得られた作業姿勢と注視状態を組み合わせ、5種類の作業動作（移動、目視点検、触診・注視点検、屈み込み、覗き込み）を自動判別できるようになった。

開発した姿勢判定アルゴリズムの能力を18名の被験者実験で評価した結果を表2.2-1に示す。歩行動作に対しては97.4%の高い正答率が得られた。

(2) 作業内容の理解技術

作業情報の解析によって得られる作業姿勢と注視状態の時間変化を捉えることにより、作業内容を理解することができる。図2.2-1に、実際の作業情報の自動解析によって得られた作業姿勢、注視状態、作業動作、身体傾斜角の時間変化を示す。図中に示す目視解析結果と自動解析結果が良い一致を示すことが確認できる。

強い注視場面のカメラ映像を自動抽出して時系列として並べて表示できるようにした。解析結果の例を図2.2-2に示す。作業者が行った作業手順を一目で確認することができる。

得られた作業姿勢と身体傾斜角から、作業時の姿勢をコンピュータ・グラフィックスで自動再現できるようにした。その結果を図2.2-3に示す。外部から撮影した作業のビデオ映像（図中の左の図）と、作業姿勢を再現したコンピュータ・グラフィックス（図中の右の図）が良い一致を示すことから、開発したデバイスで収集される作業情報と解析技術により、作業内容を理解することが可能なことが確認できた。

(3) 作業の違いの自動判定技術

抽出された作業情報を蓄積して、統計的に現れやすい作業姿勢や作業時間を求め、その比較から普段と異なる作業が現れた場面を自動判定できるようにした。

普段と異なる場面は、①同じ作業姿勢の継続時間、②注視の継続時間、③同じ作業動作の継続時間、④作業姿勢の遷移パターン、⑤作業動作の遷移パターンの統計量から、0.1%程度の頻度でしか現れない稀な状態として判定する。6人の作業員の延べ120時間の作業情報か

ら5つの統計量を求めると、判定には作業者毎及び作業姿勢毎に異なる閾値を用いる必要があることが分かった。実作業データへ開発手法を適用した結果、自動判定された場面には作業経験者が目視で判断した注目すべき場面が含まれていることから、作業内容を確認すべき場面のスクリーニング技術として活用できることが確認できた。

3. まとめ

蓄積された作業情報を自動解析する技術を開発したことにより、作業実施後に作業内容を確認・比較することが可能になった。また、違いの自動判定技術により注目すべき場面をスクリーニングできることから、長時間にわたる日常作業の解析の負担を軽減でき、日常作業から知識を抽出する新しい作業解析手段を提供することができた。

表 2.2-1 作業姿勢の判定能力の評価結果

	その他	傾斜	静止	歩行	走行	衝撃
歩行関連	1.7%	0.8%	0.1%	97.4%	0.0%	0.0%
操作関連	15.6%	7.1%	58.1%	19.2%	0.0%	0.0%
覗き込み関連	4.2%	43.3%	0.0%	52.5%	0.0%	0.0%
椅子に座る	12.8%	67.3%	0.7%	19.1%	0.0%	0.0%
その他	16.6%	9.3%	11.4%	62.7%	0.0%	0.0%

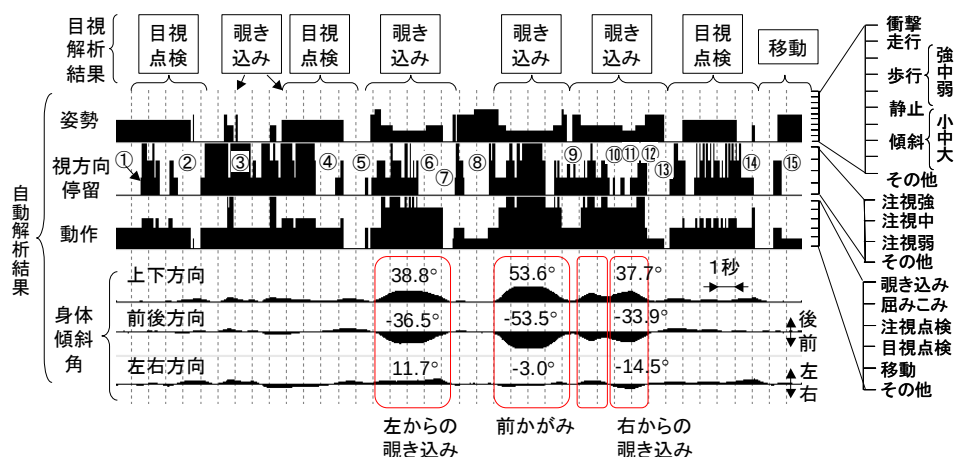


図 2.2-1 目視解析結果と自動解析結果の比較

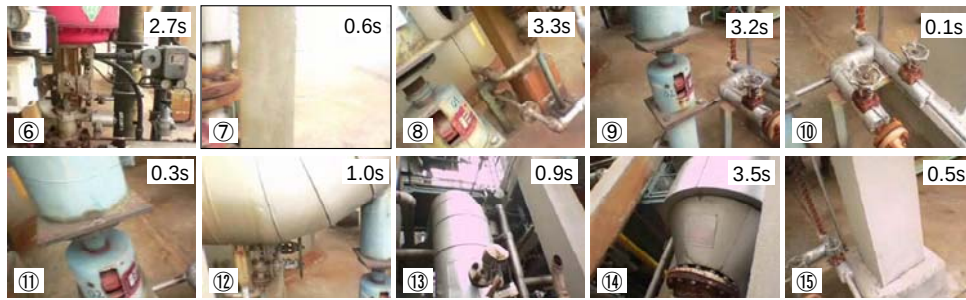


図 2.2-2 注視場面でのカメラ映像による作業内容の理解（右上の数字は注視時間を示す）



図 2.2-3 コンピュータ・グラフィックスでの作業姿勢の再現による作業内容の理解

3. 作業支援のための教育ツール

東洋エンジニアリング株式会社

石油プラント保守・点検作業支援システムの開発において、ウェアラブル・デバイス及び保守・点検作業管理システムで収集した実働プラントでの保守・点検作業情報や作業ノウハウを基に、フィールドオペレータの模範作業を具体的な作業状況を再現しつつ提示できる保守・点検作業教育ツール（以下「教育ツール」という。）を開発した。開発の流れは、次のとおりである。

（１） 石油精製プラントにおける教育体系と教育項目、教育ツールに係るニーズについての調査を実施した。

（２） 収集した実験プラントにおける定常作業時の作業情報及びストレージ型デバイスで取得した計画的非定常作業時の作業情報に基づき、教育教材の試案を作成し、製油所の作業現場において試案に基づくヒアリング調査を行った。それら調査結果に基づき、教育ツールの要件を確定した。

（３） 確定した要件に基づき、教育ツールの開発仕様を作成し、プログラム開発を行った。教育ツールのコンテンツは、実働プラントの実験で収集した映像と作業情報を用いて作成した。開発した教育ツールは、作業現場での試用を踏まえたアンケート調査及びヒアリングによって利用性評価を行った。また、これらの結果から実用化のための検討を行った。

3つのシステムから構成される教育ツール概念図を図3-1に示す。各々のシステムのコンテンツは、ウェアラブル・デバイス（無線LAN型デバイス、ストレージ型デバイス）によって収集した作業情報を用いて作成した。

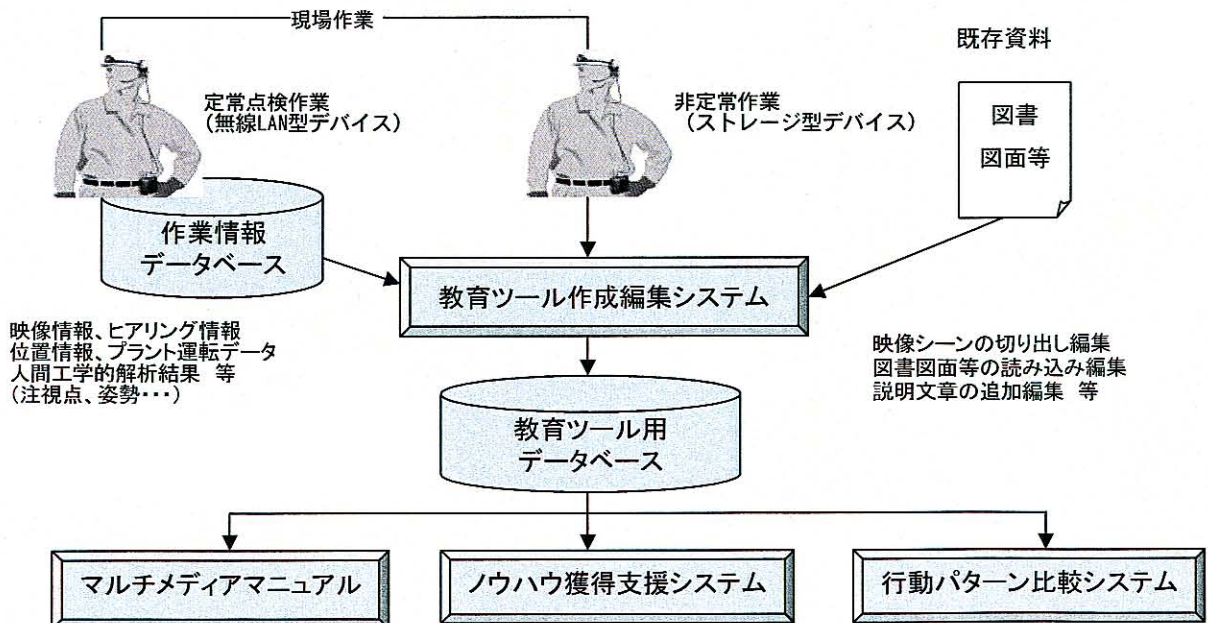


図 3-1 教育ツールの概念図

3.1. マルチメディアマニュアル

東洋エンジニアリング株式会社

1. 開発目的

点検対象となる機器・設備の操作の基本を学べる「操作手順」と、点検の基本を機種別に簡単に学べる「点検要領」を教育することを目的として、ウェアラブル・デバイスで取得した作業情報を利用して映像、音声、図面、文字情報を組み合わせたマルチメディアマニュアルを開発した。

2. 研究開発内容と成果

学習対象者としては初級者（フィールドオペレータの経験が3年以内）を想定した。「操作手順」は、機器・設備のサンプリング操作、ガソリン中の成分測定等のコンテンツ、「点検要領」は、機種別にポンプ、熱交換器等の点検についてのコンテンツを作成した。

2. 1 操作手順

コンテンツの映像は、ストレージタイプのウェアラブル・デバイスで撮影し、作業者本人が装着したカメラの映像と作業者の様子を第三者が撮影した映像を加工処理した。映像は、作業ステップごとに区切って表示する方法と連続的に操作の始めから終わりまで表示する方法を採用し、わかりやすい学習教材とするために映像にナレーション、テロップの挿入、重要ポイントにフォーカス表示といった効果処理を行った。

また、理解度向上のために機器の動作原理などを文章、ポンチ絵、写真、図面などの付加情報で説明するとともに、質問形式で理解度を確認する画面も用意した。

レベル計のコンテンツの画面例を図 3.1-1 に示す。

2. 2 点検要領

コンテンツの映像は、熟練者の手本となる点検映像とし、実験において無線LANタイプのウェアラブル・デバイスで撮影し、加工処理した。メニューは、機器タイプから学習したい点検要領を選択する方式とし、熱交換器、ポンプ等の機器タイプごとに目視点検、聴診・触診点検等の点検映像を表示した。

また、理解度向上のためにどの部位の点検を行うのかを示した機器外形図を表示し、「操作手順」と同様に理解度確認画面も用意した。

熱交換器本体チャネル部のコンテンツの画面例を図 3.1-2 に示す。「外観」または「振動・異音」の画像をクリックすると映像が表示される。

3. まとめ

開発したウェアラブル・デバイスで撮影した映像からフィールドオペレータの模範作業を視覚的に再現し、音声、図面、文字情報を組み合わせることにより、効果的な学習ができるマルチメディアマニュアルを開発することができた。

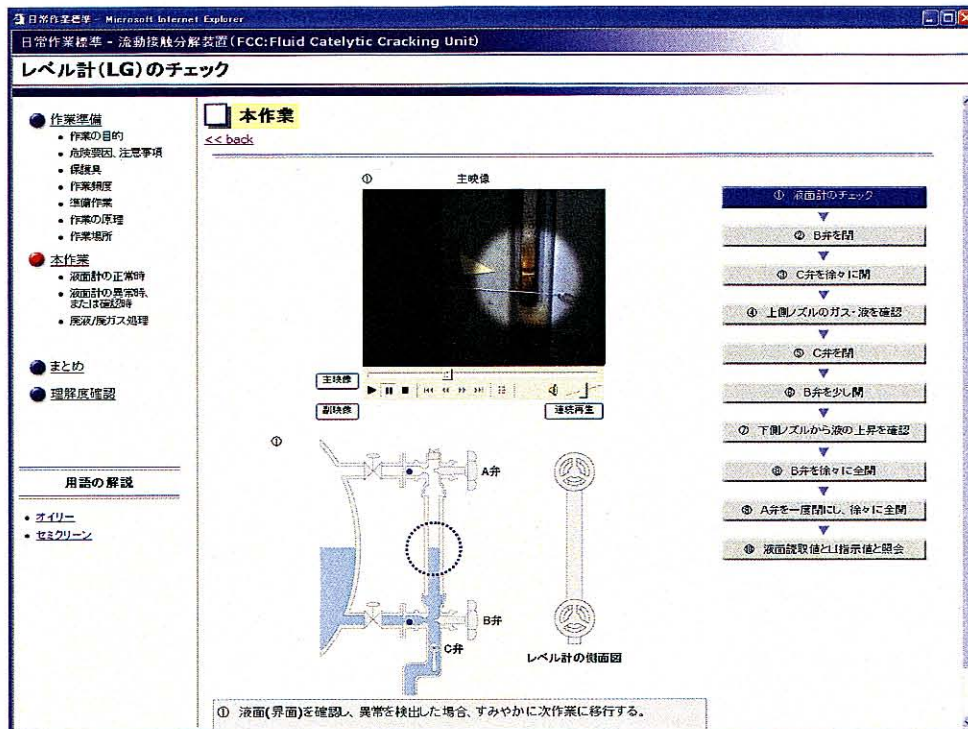


図 3.1-1 マルチメディアマニュアルの操作手順画面例



図 3.1-2 マルチメディアマニュアルの点検要領画面例

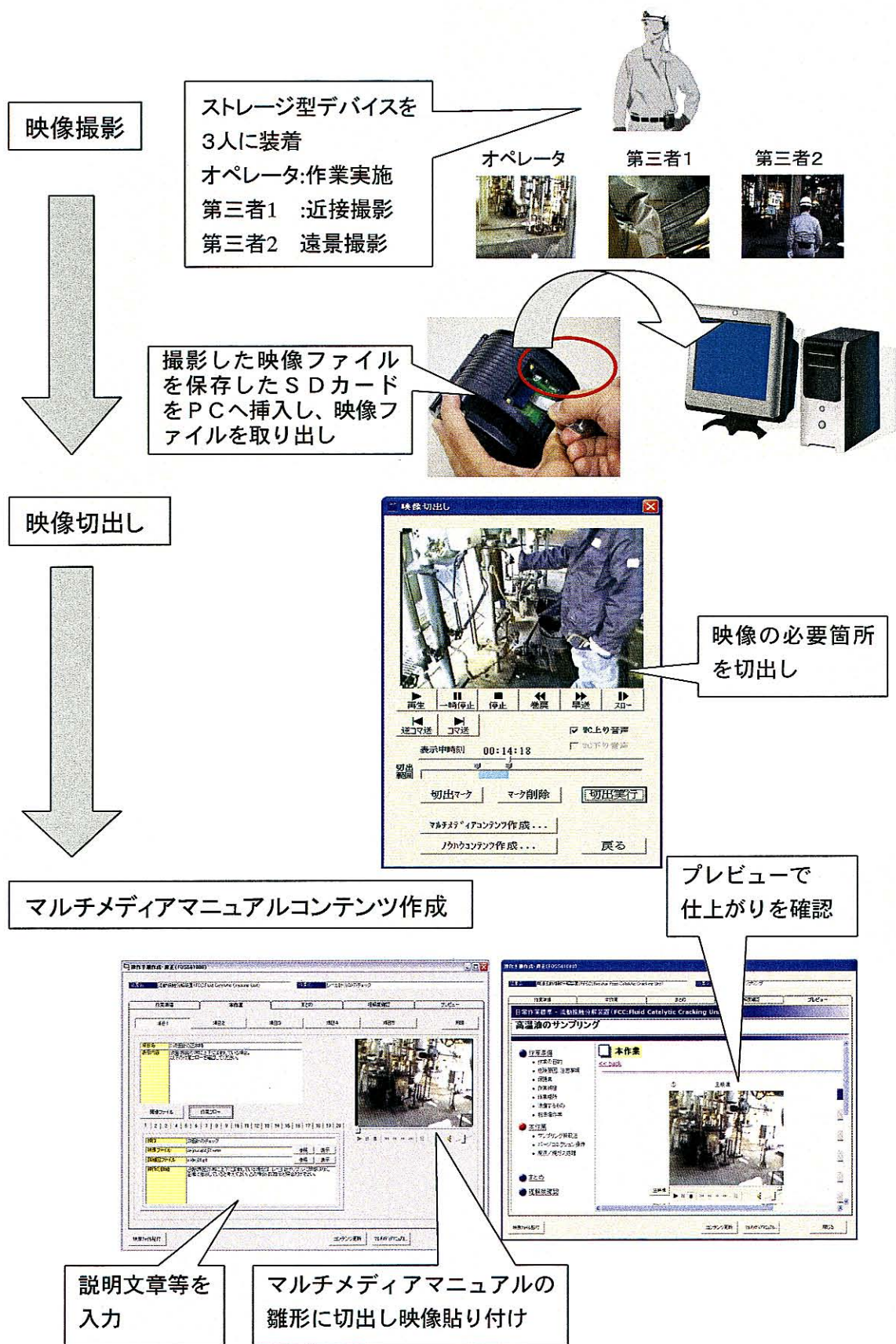


図 4-1 ケース 1：現場映像取得

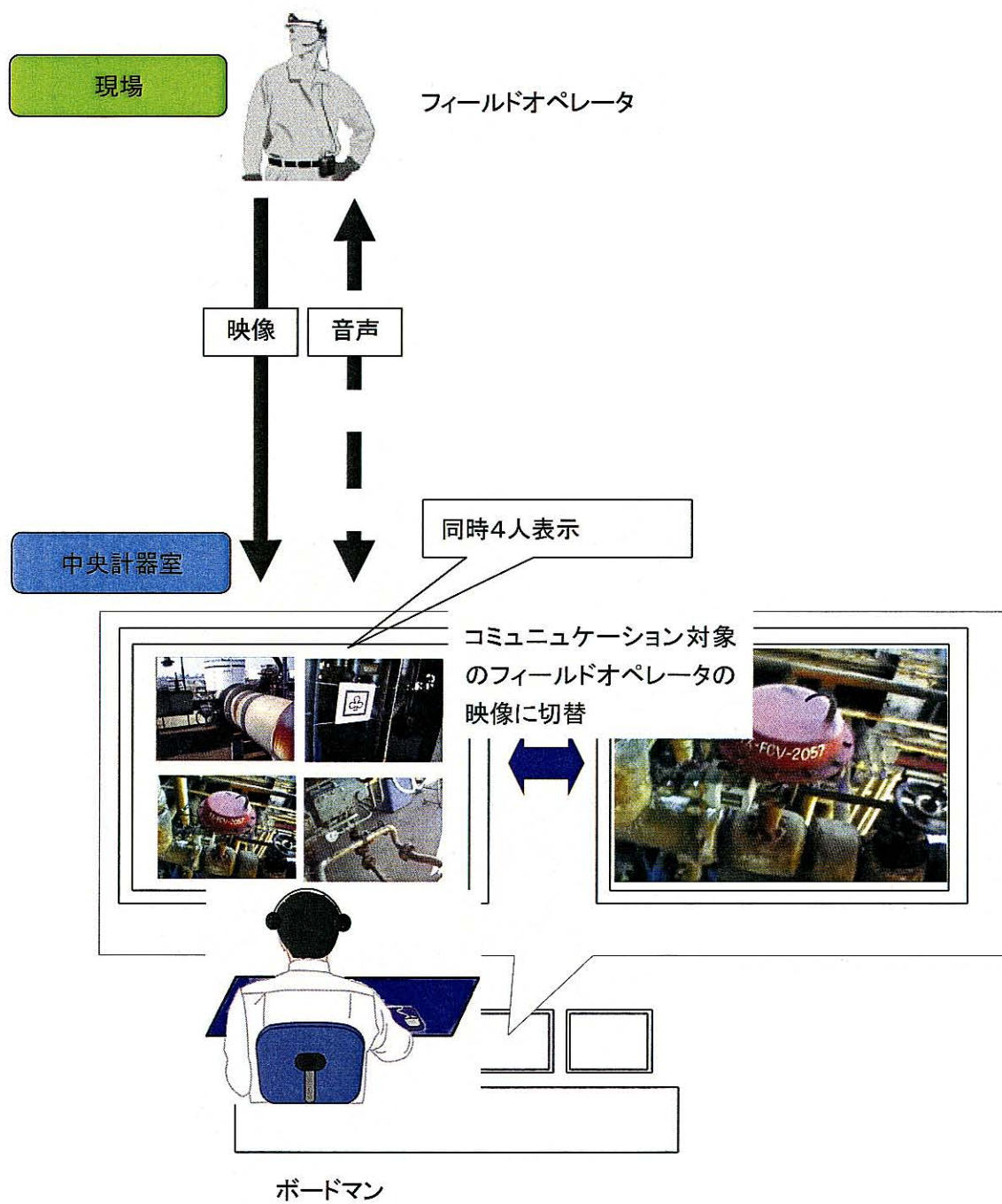


図 4-2 ケース 2： 情報共有化

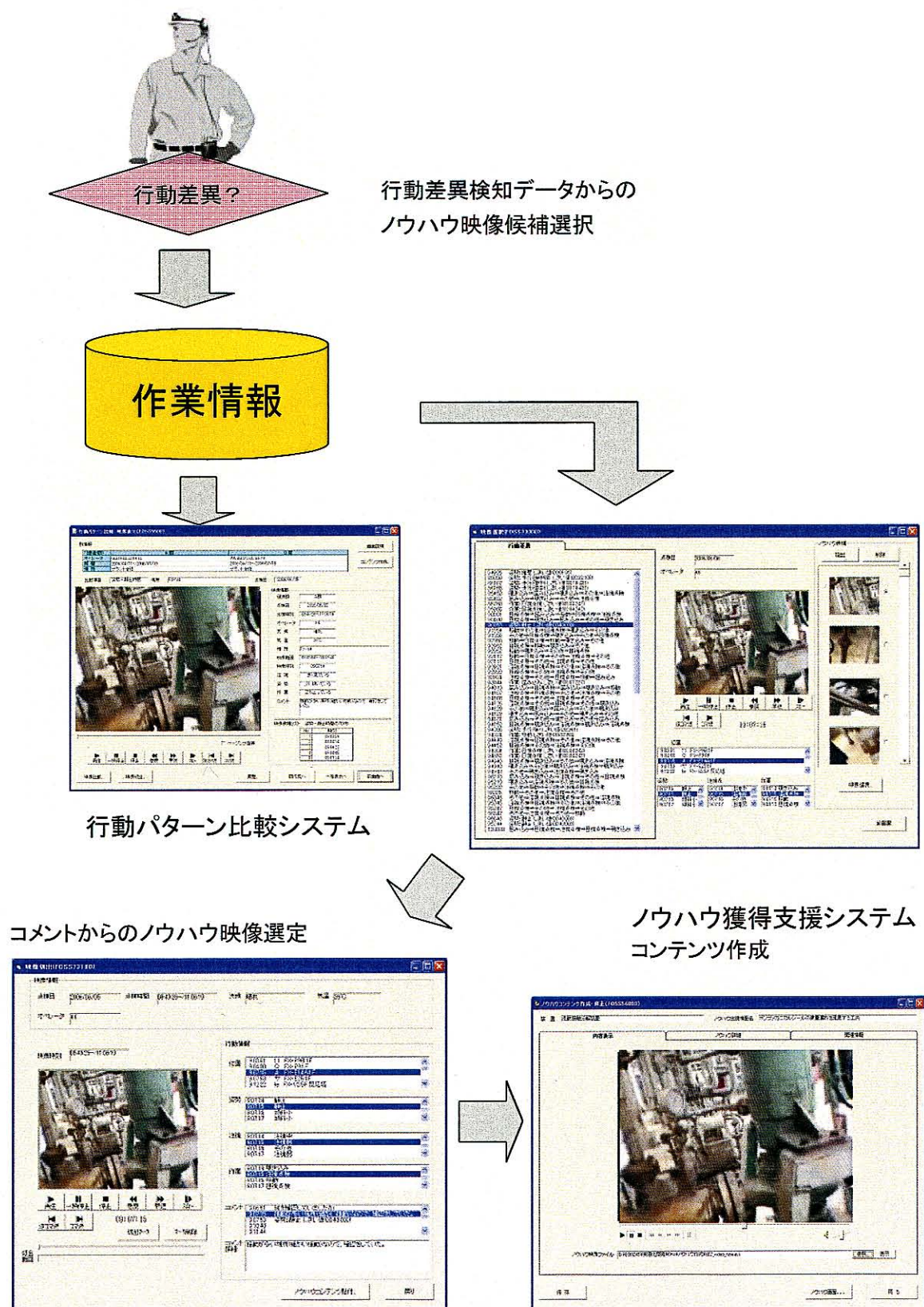


図 4-3 ケース 3：作業情報蓄積とノウハウ抽出

3.2. ノウハウ獲得支援システム

東洋エンジニアリング株式会社

1. 開発目的

姿勢・注視状態・ヒアリング情報などの作業情報を基に抽出したフィールドオペレータの特徴のある場面や作業方法・作業内容などを学習することを目的として、ウェアラブルデバイスで撮影したノウハウポイントの映像を利用し、技能のステップアップに役立つシステムとして開発した。

2. 研究開発内容と成果

学習対象者としては中級者（フィールドオペレータの経験が4年以上10年未満）を想定した。保守・点検作業管理システムで蓄積した作業情報データベースから普段とは異なる作業行動として検知した作業情報や 3.3.に示す行動パターン比較システムで作業行動の比較から得られる情報からノウハウを選定し、映像及び関連する情報を検索・表示できるようにした。映像は、強調すべきポイントにフォーカスをあて、テロップとナレーションを付加して理解しやすいコンテンツとし、ノウハウを説明する文章、イメージや関連するデータ等の情報ともリンクできる機能を有するものとした。

例として開発したノウハウ検索画面を図 3.2-1 に、ノウハウ映像表示画面を図 3.2-2 に示した。

3. まとめ

普段とは異なる作業行動として検知した作業情報や作業行動の比較から得られるノウハウを簡単に検索・表示でき、映像を中心に理解しやすいコンテンツを備えたシステムを開発することができた。

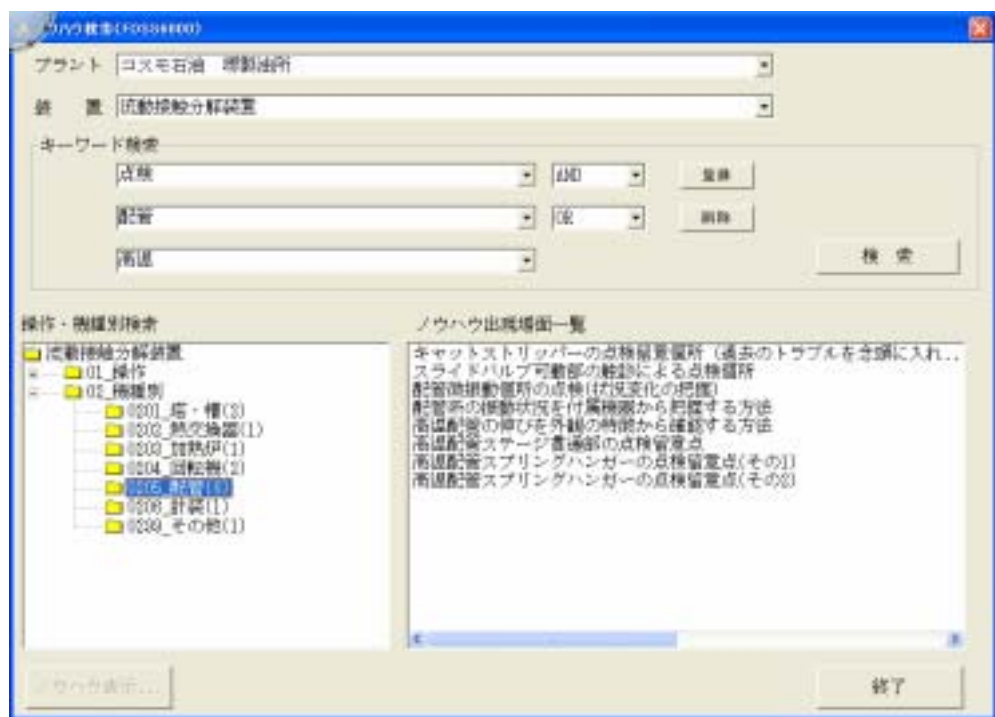


図 3.2-1 ノウハウ獲得支援システム 検索画面



図 3.2-2 ノウハウ獲得支援システム ノウハウ映像表示画面

3.3. 行動パターン比較システム

東洋エンジニアリング株式会社

1. 開発目的

姿勢・注視状態・ヒアリング情報などの作業情報を複合的に比較することにより得られる、フィールドオペレータの行動傾向、あるいはフィールドオペレータ間の相違点などを比較して明示的に提示し、自己啓発に役立て、若手への技能伝承の情報を見つけることを目的として、行動解析結果を利用し、自分の行動パターンや行動の特性を知ることができ、他のフィールドオペレータと自分とを比較して点検ルートや点検時間、重点点検箇所の違いなどを知ることができるシステムとして開発した。

2. 研究開発内容と成果

学習対象者としては、上級者（フィールドオペレータの経験が10年以上）を想定した。任意の2つの群の条件（比較対象者、期間、場所）を設定・検索することにより、2つの群の姿勢、注視、点検作業時間等の行動の差異を容易に抽出できるよう、グラフ・表で一括表示することとした。また、抽出した行動の差異の理由を深掘りして探索できるよう、場所別あるいは点検日ごとの行動の比較グラフ、比較映像を表示する仕組みとした。

例として2つの群の行動の差異を一括表示した画面を図3.3-1に、比較映像を表示した画面を図3.3-2に示す。

3. まとめ

フィールドオペレータの日常点検の作業情報を蓄積したデータベースから行動の差異をグラフ・表の行動データとして一括表示し、そこから深掘りして、行動差異の原因・理由を探索できる仕組みができた。自身の自己啓発と、技能伝承のためのノウハウとなるような場面に到達するための行動分析が行えるシステムを開発することができた。

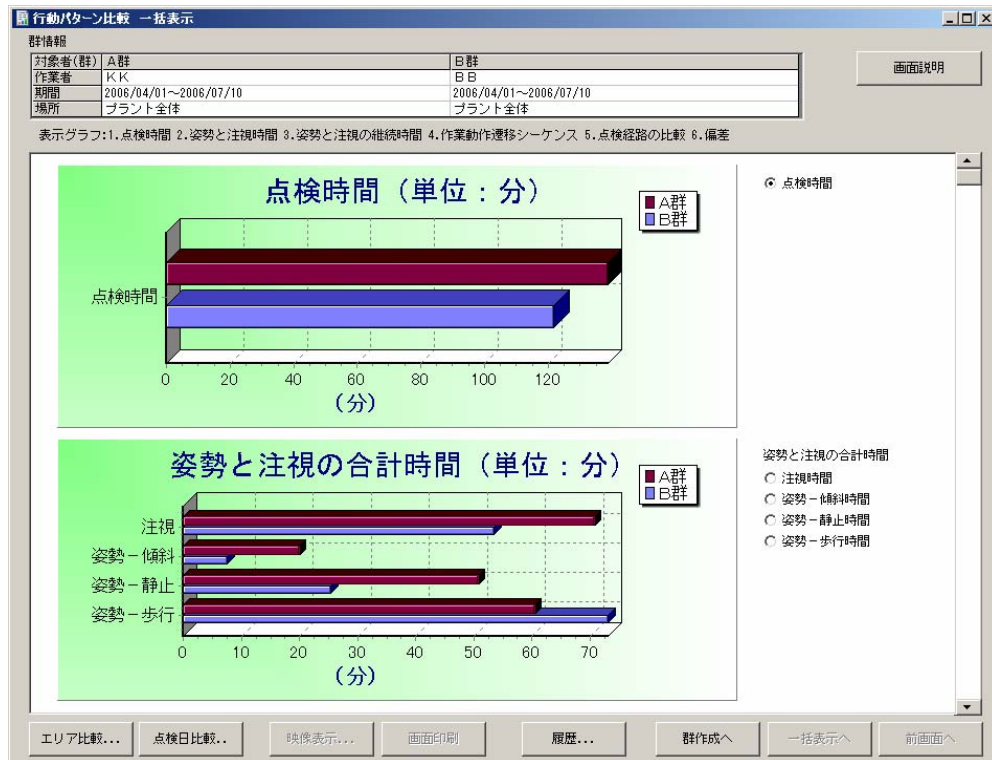


図 3.3-1 行動パターン比較システム 一括差異表示画面

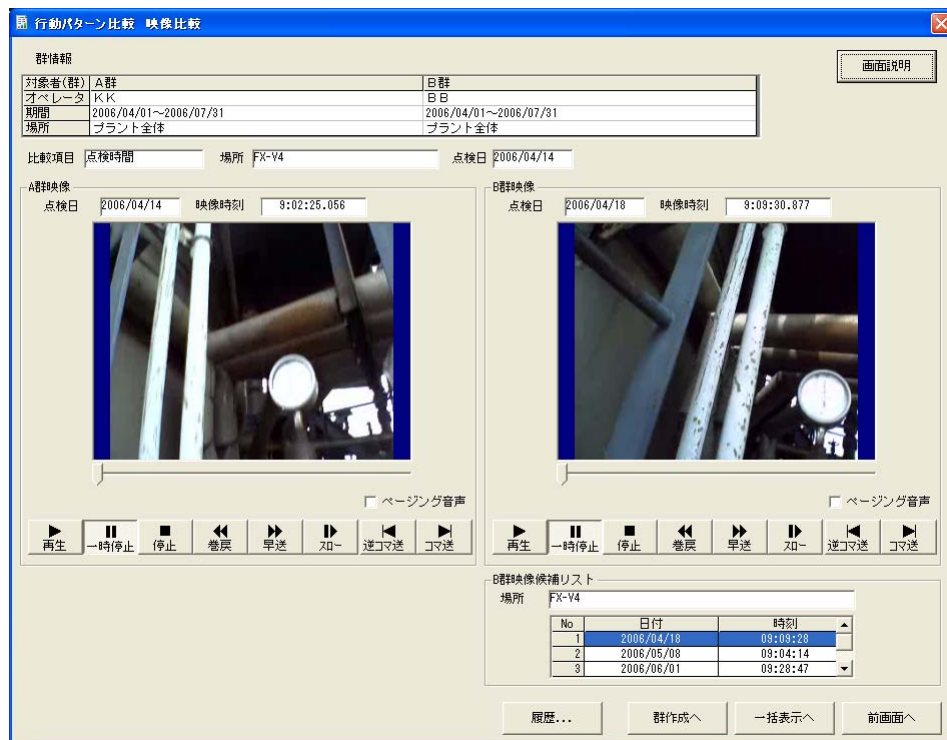


図 3.3-2 行動パターン比較システム 映像比較表示画面

4. 実用化イメージ

東洋エンジニアリング株式会社

1 目的

本研究で開発したウェアラブル・デバイス、作業行動の計測・蓄積システム、教育ツールを製油所の現場に展開することを目的として、実用化イメージを提案した。

2 研究開発内容と成果

実用化イメージは、現場映像取得によりマルチメディアマニュアルのコンテンツを作成するケース1、現場に無線LAN基地局を設置し、現場と中央計器室との情報共有を図るケース2、情報共有により蓄積した作業情報に基づきノウハウを抽出し、ノウハウ獲得支援システムへ登録するケース3の3ケースの事例について検討した。

■ケース1：現場映像取得

ストレージ型のウェアラブル・デバイスを使用して操作手順及び点検の様子を撮影し、製油所オリジナルのマルチメディアマニュアルを作成する。

図4-1に示すように作業担当者及び作業担当者以外の2名が映像を収集した後にその映像を編集し、予め設定されたテンプレートに解説等の付加情報と共に入力する事例である。

■ケース2：情報共有化

現場のフィールドオペレータと中央計器室のボードマンとの間で映像と音声でコミュニケーションを行い、フィールドオペレータからの機器の異常個所の確認、ポンプ切替え等の協調作業、ボードマンからフィールドオペレータへの機器操作指示等が的確にできるようにする。

図4-2に示すようにフィールドオペレータに装着したウェアラブル・デバイスの映像を計器室のモニタに表示（最大4人同時表示）すると共に音声双方向通信を行う事例である。

■ケース3：作業情報蓄積とノウハウ抽出

作業情報データベース及び行動パターン比較システムを用いてノウハウ獲得支援システムのコンテンツを作成する。

図4-3に示すように日常の点検作業データを収集し、作業情報データベースに蓄積した普段と異なる情報もしくは行動パターン比較システムによる選定箇所からノウハウとすべき箇所を見出してノウハウ獲得支援システムに登録する事例である。

3 まとめ

本プロジェクトの成果を製油所の現場に展開するために3ケースの実用化イメージを提案した。これら実用化イメージに基づくシステム導入により中央計器室のボードマンと防爆エリアの現場のフィールドオペレータとのコミュニケーションが向上し、一層のプラントの安定的運転や安全確保につながることが期待される。また、日常の作業情報から教育コンテンツを比較的容易に作成し、提供できる新しい概念の現場教育の仕組みができたことにより、作業現場における効率的な技能伝承の一助として貢献できるものと考ええる。



図 4-1 ケース 1：現場映像取得

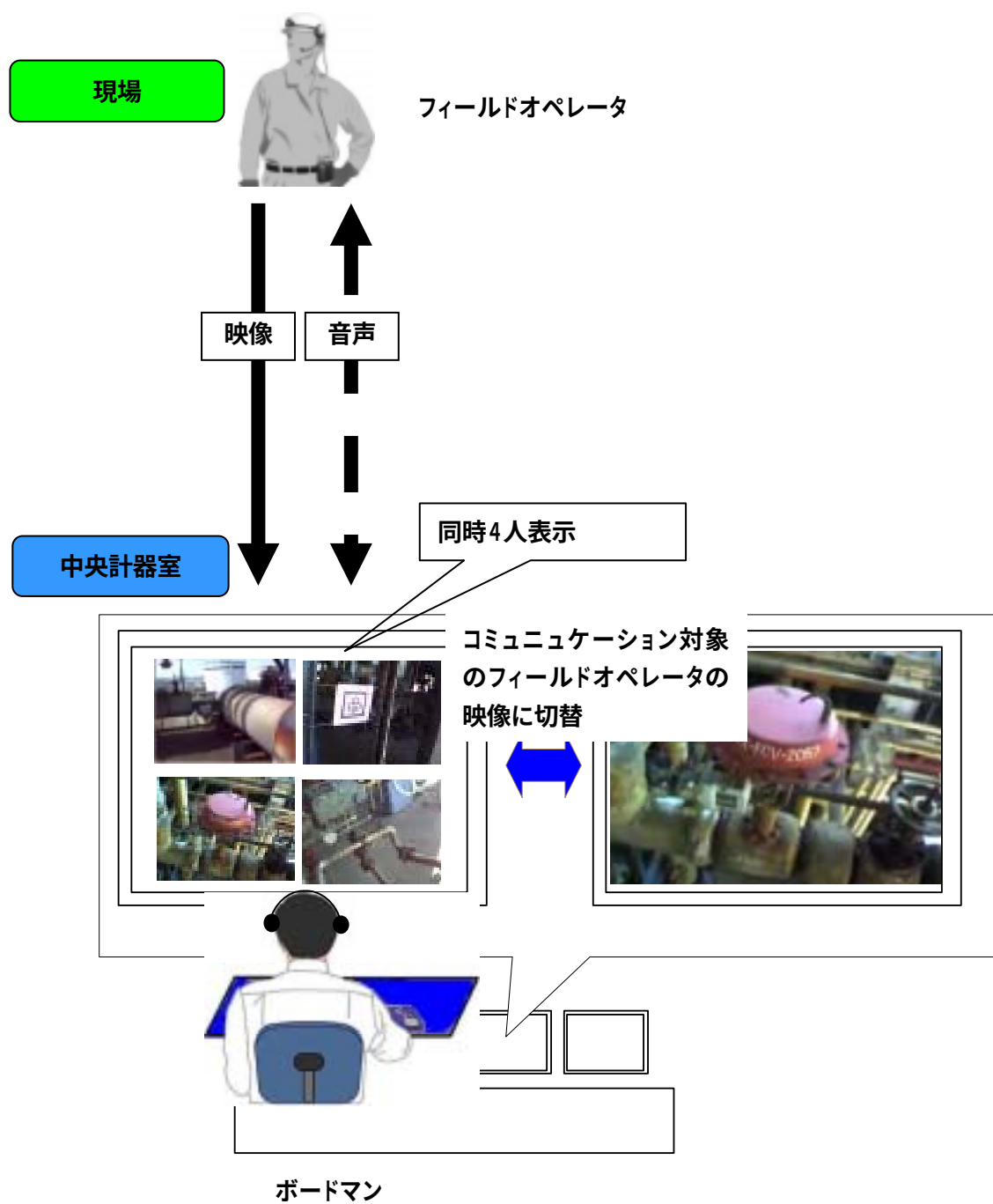


図 4-2 ケース 2： 情報共有化

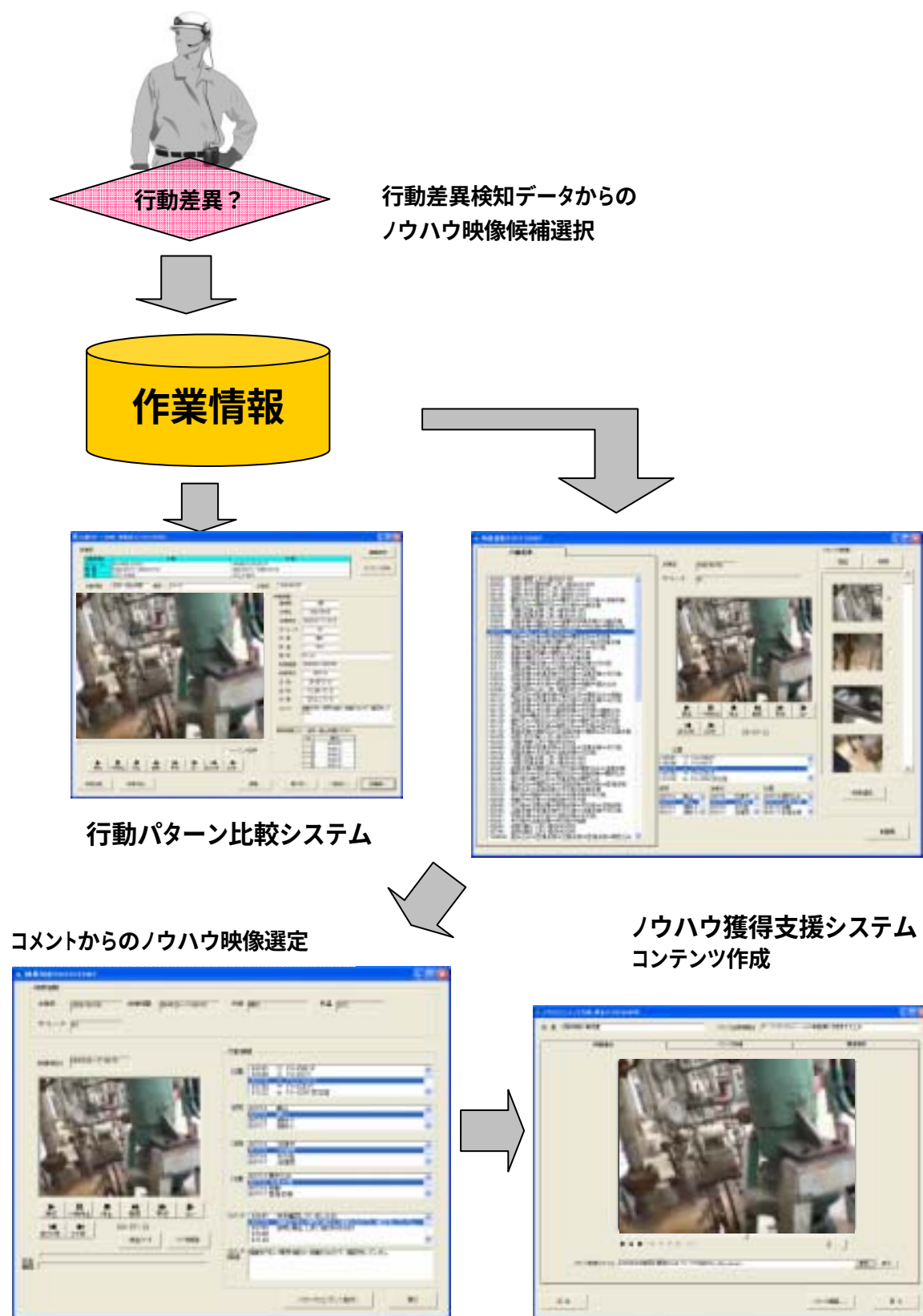


図 4-3 ケース 3：作業情報蓄積とノウハウ抽出