

# 人の観点から見た環境評価に関する研究 (人的感覚を持つ環境監視システムの構築に向けて)

## Research on Environmental Evaluation seen from Person's Viewpoint

持田 信治<sup>1</sup> 橋 昌幸<sup>2</sup>

Shinji Mochida Masayuki Tachibana

東亜大学 九州大学病院

1)University of East Asia 2)Kyushu University Hospital.

**Abstract:** This Paper describes a trial of environmental evaluation seen from person's viewpoint. It reports that we build the trial system to try to evaluate the environment seen from medical staff's viewpoint in the hospital. The purpose of This research is to find the way of conversion from the data from many sensors and the picture from cameras into Human sense value.

### 1 はじめに

現在、医療環境では安全と記録の実現が求められており、安全実現のために、患者確認に於ける2重チェックや手順の標準化が進められている、更に問題が発生した場合の対処方法に関する教育も行われている。

しかし、医療現場で例外的な事象が起きた場合の対応は人の判断に頼らざるを得ず、医療スタッフの経験度により、対処時間や対処方法が異なると予測される。また、安全監視と記録作業のために医療スタッフの間接作業が増え、時間の余裕が減少して、医療現場はストレスの高い職場となっている。そこで、本研究は医療スタッフを支援するパートナーとなる機能の実現を図り、人と装置による2重の安全監視機能の実現を図り、医療スタッフのストレス低減を目指す。

人と装置による2重の安全監視が実現すれば医療の安全性が高まると共に、医療従事者のストレス軽減が図れ、結果的に人に易しい医療の実現が期待できる。

具体的には医療事故を未然に防止するために医療現場の状況を自動で監視する人的感覚を持つ環境監視装置の開発を目指す。

現在の医療機器の警告機能は機械故障か若しくは操作手順に誤りがあった場合に動作する、又は機械の動作が正常状態を逸脱した場合には安全機構であるインターロックが動作して機械は停止する。

患者の状態や医療スタッフの状況を考慮して総合的に状況を判断して監視する安全監視装置は存在しない。現状では各種の情報を総合的に判断して、安全監視を行うのは医療スタッフの仕事となっている。

### 2. 安全監視機能の実現に向けて

本件では放射線治療現場での安全監視機能の試行を行った。放射線治療現場を選択した理由は以下である。

(1) 放射線治療装置は数少ない治療そのものを行う機械であり、治療環境に関する情報の取得を機械信号として取得することが可能である。

(2) 放射線治療の現場は放射線治療装置の操作端末に加え、監視カメラや病院情報システムの端末が数多く存在するため、医療スタッフの確認項目が多く、医療スタッフのストレスが大きい。

本件では放射線治療装置からの信号と治療現場の監視カメラからの画像を人が状況判断を行なうのと同じ見方に沿って、環境情報として合成することにより人的感覚を持つ環境監視装置の実現を目指す、人的感覚を持つ環境監視装置の実現のためには以下の2つの機能の実現が必要である。

(1) 監視カメラやマイクその他のセンサーからの画像や信号を人の感覚で判断処理したのと同じ情報に変換して人が理解できる情報に変換する機能。

(2) 人の感覚情報に変換した画像情報や各種センサーからの信号情報を重ね合わせて、現在状況を人の感覚にて観測する機能。

本研究では上記の2つの機能を実現するために具体的には以下の2つの機能に分解して実現を目指すこととした。

(1) インテリジェント信号インターフェース

監視カメラからの画像情報、自動ドアの開閉情報、バイタルモニタ、病院システムからの情報を人の感覚に変換して情報を記録するインターフェース機能(図1のインテリジェント信号インターフェース)。

(2) 環境監視端末

インテリジェント信号インターフェースにより、

人の感覚に変換された情報の可視化(画像化)を行い、複合的な状況を1つの人的状況情報として表現を行う。そして人的状況情報作成時に状況を伝えるべき医療スタッフの感覚や経験度に沿って情報の表現を再構築することにより担当の医療スタッフが直ぐに理解できる情報として表示する。また環境監視端末は必要時には警告を行う(図1の環境監視端末)

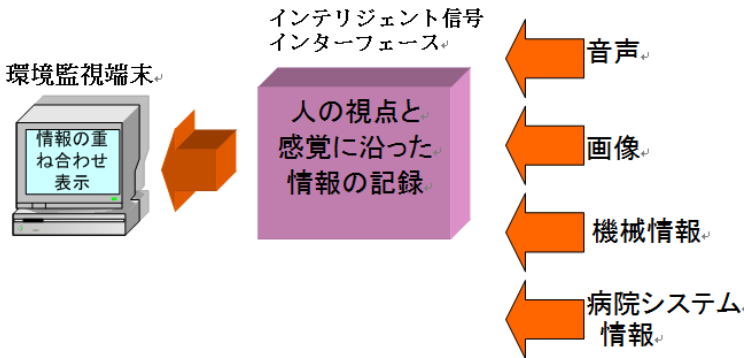


図1 環境監視システム

### 3. システム構築

#### 3.1 知識の登録

人と同じ状況判断を行うためには人が画像や信号情報を各自の人的判断情報に変換して理解しているのと同様に画像や信号情報を人的情報に変換するため知識を登録することが必要である。知識とは画像中の確認点や注意点、そして画像、音声情報等が同時に発生した場合、どのような優先順位で処理するか、あるいはどの情報を重視して処理するかのような知識である。

つまり、情報の見える化、読めるかである。(図2参照)。

画像、音声、各種センサーからの情報を単なる、画像情報や信号ではなく、人的な情報に変換して医療スタッフに提示することができれば、医療スタッフが画像や機械信号から各自の経験を用いて、状況の危険度を判断するステップを省略することができ、迅速な対応が期待できる。信号を人的感覚情報に変換できれば医療スタッフは直ぐに行動を起こすことが可能となる。しかし、人が行動を起こすためには情報の信頼性の高さが求められる。そこで、本件では知識の登録を2箇所で行い、2段階の知識判断により信頼性を高めることとした。知識の登録箇所の1つ目はインテリジェント信号インターフェースであり、もう1つは環境監視端である。更にインテリジェント信号インターフェースには低位の知識を、環境監視端には高度の知識を登録することにより、知識レベルの異なる知識の登録を可能とする。

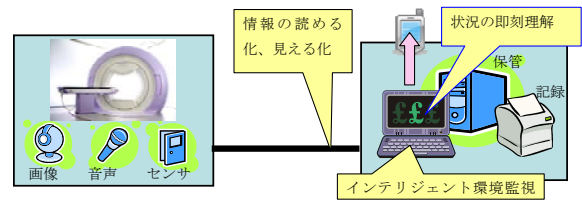


図2 システム構成

#### 2 信号インターフェースへの知識登録

インテリジェント信号インターフェースに環境状況を言語情報に変換するための知識を登録することによりインテリジェント信号インターフェースは画像、音声、各種センサーからの信号をそれぞれの信別に人が理解できる言語情報に変換することが可となる。知識とは画像や信号を人的情報に変換するためのパラメータや閾値である。つまり知識とは語と一対になったパラメータや閾値である。

画像や音声、センサーからの信号情報を言語化することにより、環境状況を言語情報の羅列として総合的に判断することが可能となる。例えば、遮蔽ドアが閉まっている場合に治療室の内部に設置してあるカメラの中で患者監視以外のカメラで動体検知があった場合、患者以外のスタッフが治療室内に取り残されている可能性があり、直ぐに状況を確認する必要がある。この知識をルール化して登録する場合、画像情報とドアの開閉情報は全く性質の異なる情報であり、機械的な信号レベルで監視ルールを登録するには、信号の取り扱いに関するプログラムが必要であり、登録したルールを人的直感で理解することは不可能である。

一方、画像や機械信号を人的情報に変換した後、監視ルールを設定することができれば、登録した監視ルールを人的直感にて理解することができ、将来的に他の監視ルールを付加することも容易である。

表1に画像情報を言語化する例を示す。

表1 動体検知に於ける画像情報の言語化

変換言語情報	検知範囲	検知時間
動き無し	検知範囲の5%未満	200m秒未満
遅い動きあり	検知範囲の20%以上	1秒以上3秒未満
早い動きあり	検知範囲の5%以上	200m秒以上

#### 3.3 人的情報の合成

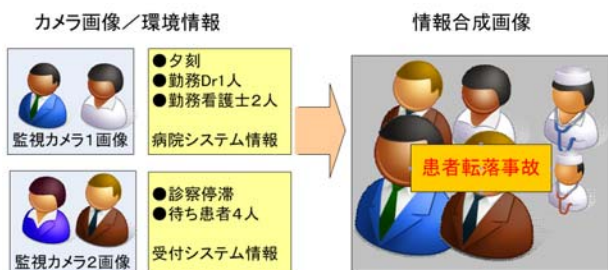
インテリジェント信号インターフェースにより画像、音声、センサーからの信号情報を人的感覚情報に変換した後、人的状況感覚に従って情報を

合成することにより環境状況を人的状況感覚にて、理解することができる。そこで、信号を人的情報に変換したものを更に人的状況感覚により合成するために人的状況感覚に変換するためのルールを登録する。図3に医療環境を人的状況感覚に合成表現した例を示す。変換に利用するルールは以下である。

(1) 夕刻の場合、ヒューマンエラーが発生する危険度が上がるため背景をグレーとする。

(2) カメラNO2の視野中にある待ち患者の数が増えたため待ち患者の画像を大きく合成する。

(3) 現在、対応可能な看護師並びに、医者的人数が少ないため、看護師と医者の即応性を示す画像を小さく合成する。更に緊急情報が合成されている。



#### 4. 1 試作システムの構成

以下に本件で試作したシステムの構成を示す。画像、音声、センサー情報は人的情報に変換された後、システムの環境情報と発生情報領域に書き込まれる。環境情報は状況に変化が無い限り、情報の更新はない。

一方、発生情報の方は情報が発生した場合に情報が書き込まれる。例えば音声の発生があった場合には音声発生情報が書き込まれる。そして処理ルールに従って処理がされた後、発生情報は削除される。試作システムの信号処理インターフェースの処理の流れを示す(図4参照)。

(ステップ1) 入力された情報は⑨特徴点抽出/イベント同期情報記録機能により、人の視点に沿って特徴抽出処理がなされ、特徴点が⑩統合情報データベースに登録される。

(ステップ2) ②状態監視端末は、ある時刻の幾つかの情報を⑫医療状況の画像データ変換機能により可視化(画像化)と合成、表示を行ない、人が状況を監視する場合と同じ見方により安全監視を行う(図5、表2参照)、図5に情報合成画面の例を示す

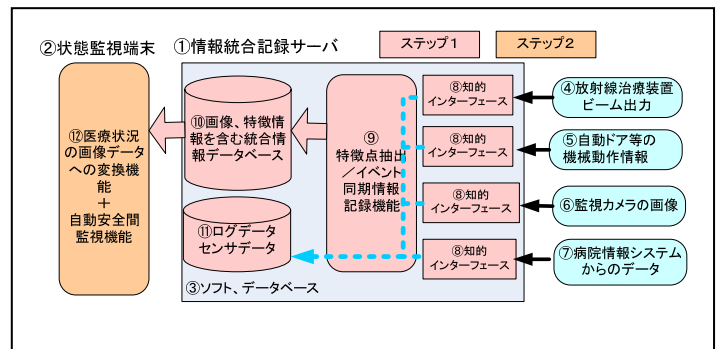


図4 信号処理手順

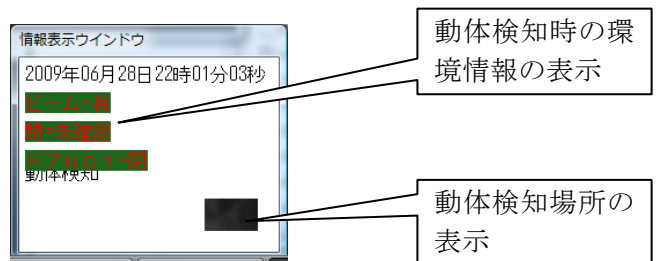


図5 情報合成表示

表2 インテリジェント信号インターフェース一覧

種類	変換内容	変換情報	登録知識
画像情報	動態検知	動体感知あり	動体の大きさ、変化量
音声情報	音声	音声発生あり	発生音の大きさ、時間
X線照射情報	照射	照射あり	照射のON/OFF

#### 4. 2 信号インターフェースの動作

試作システムではビーム照射情報を環境情報として取り込むことが可能である。ビームのON/OFF信号はRS-232C信号として受信され、ビーム有/ビーム無の言語情報に変換される。

### 5. 試行

本件では九州大学病院放射線治療部門に環境監視システムの試作機を設置して、試行を行っている。現状で取り込み可能なデータは画像情報と放射線治療機のビームの照射信号である(図6参照)。自動監視しているルールは放射線治療機のビームの照射があり、かつ患者の動きがあった場合、動体の検知情報記録を行うのである(図7参照)。警告情報はデータベースに登録され、後に警告記録を確認することが可能である。

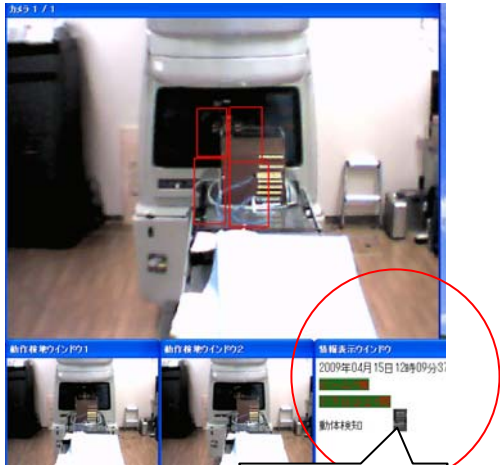


図 6 動体検知機能 状況表示画面

今後、その他のルールを使用して環境監視を行うには情報の自動収集が前提となる。しかし患者の荷物や患者の体調については自動的に取得することが不可能であるため、取得方法については検討が必要である。表 4 中の注意とは直ぐに行動を取る必要はない、しかし、患者から目を離さないようにする必要ありを示す。将来的には情報表示画面（図 5 参照）を人が判断するのではなく、状況を表す単純な言葉に代えて放射部門システムに表示することにより、医療スタッフが複雑な状況を判断する必要はなくなり、医療スタッフのストレス低減が期待できる（図 7 参照）。

表 3 治療状態の環境監視の変化

項目	従来	システム利用後
状況監視	目視	患者の動作を自動監視
記録	記録無	動体検知時には自動記録
スタッフス トレス	高	低減（検知は100例に1例）

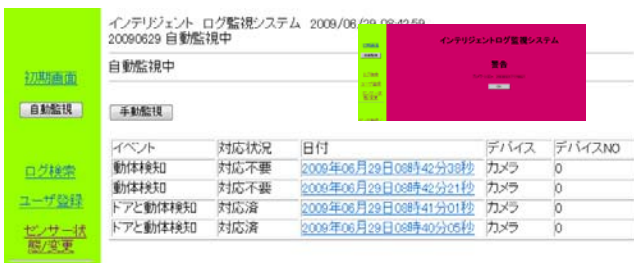


図 7 イベント自動監視画面と警告の例

## 6. 考察

### 6.1 結果

本試行システムの試行結果について医療スタッフにアンケートを行った、その結果、表 3 の通りとなり、医療スタッフのストレスが低減される結果となった。

しかし、動体検知において、患者が動いた場合と放射線治療装置が動いた場合の区別ができておらず、誤検知があるので、機械の動きと患者の動きを区別できるように動体検知を改良する必要がある。また現状の試行システムに登録されている監視ルールは表 4 の通りであり、実際に動作しているのは NO 4 のみである。

表 4 登録ルールの例

NO	ルール名	対象	状態	動作
1	ドア 1	ドア NO 1 と動体検知	閉	警告
2	マイク 1	マイク 1 音と動体検知	有	警告
3	治療機 1	ビームと動体検知	有	警告
4	治療機 2	ビームと動体検知	有	対応不要
5	年齢	年齢	70	注意
6	受診	受診	初診	注意
7	スタッフ	スタッフ	手空無し	注意
8	診療時刻	診療時間	夕刻	注意
9	患者荷物	患者荷物	あり	注意
10	患者体調	患者体調	不良	注意

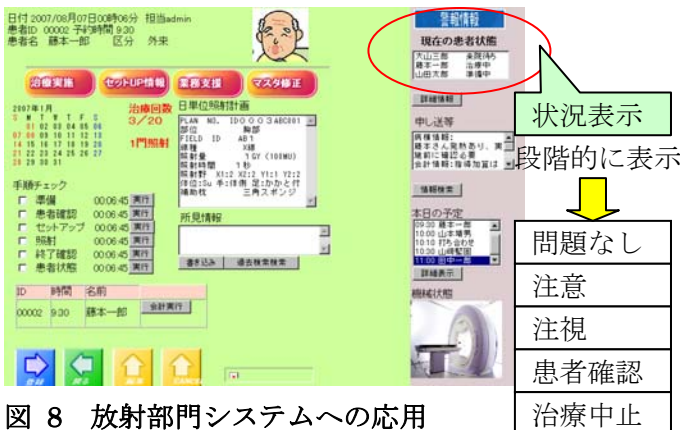


図 8 放射部門システムへの応用

### 6.1 環境評価

医療スタッフのストレス低減を図るためには人的判断に近い形で対応行動の指示を行うことが必要となる。

しかし人は入力された環境情報の全てに対応している訳ではなく、対応行動は必要最小限に限られる。医療では治療行為が主であるので、最小の労力で安全を確保することが求められる。

そこで環境監視を環境状態と医療スタッフの対応コストの両方から見て最適な対応行動を指示機能を考える。監視時間を、ある判断サイクル時間 T で細分

して監視を行うことし、この時の環境危険度と医療スタッフが対応するために必要なコストとの合計値に関する評価関数①式を設定して、①式の  $Tc(T)$  が最小となるよう制御する。

$$Tc(T) = K(T) + W(T) \text{--- ①}$$

$K(T)$ : 環境危険度、 $W(T)$ : 医療スタッフ対応コスト  
 環境危険度  $K(T)$  は入力信号を  $\Delta t$  で離散化した後、人的情報量に変換を行い、監視時間  $T$  の間について積算したものである。

$$K(T) = \sum_{i=1}^n (si(t) \times st(t) \times c(i)) \text{--- ②}$$

$K(t)$ : 環境危険度、 $Si(t)$ : 時間  $t$  での信号  $Si$  の値、 $St(t)$  信号  $S$  の時間  $t$  での強さ、 $C$ : 信号  $i$  の重要度  
 また  $W(T)$  はある監視時間  $T$  において、状態  $S$  から  $G$  までの間に対応必要な事象 ( $A, B, \dots$ ) がある場合、実施可能な対策パス  $f_n$  の組み合わせの合計値が最小となる値を取る (図 9 参照)。

状況を人的感覚的に段階的に示すことができればスタッフは状況の変化や事象発生の度に対策行動を取る必要が減少して、治療に集中することができ、結果的には安全な医療の実現が期待できる。問題なしから治療中止までの段階的な表示が可能となれば、医療スタッフのストレス低減が期待できる

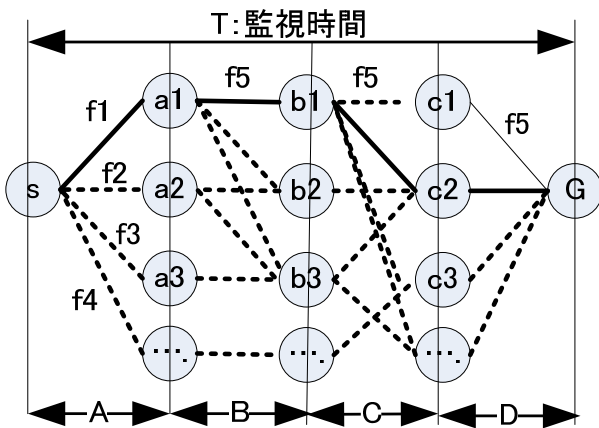


図 9 対応最小コストとなるパス

## 6. まとめ

本研究は人的感覚を持つ環境評価機能の実現を目指しており、九州大学病院放射線治療部門に環境監視システムの試作機を設置して、試行を行った。

その結果、本システム利用することにより、医療の安全性と医療スタッフのストレス軽減が図れることが明らかになった。今後の課題は以下の通りである。

- (1) 放射線治療装置と患者の動きを区別できるように動体検知の能力向上すること。
- (2) 環境監視ルールを更に登録して人的感覚にて現在状況の評価を行い、言語的な表現を可能とする評価関数を実現すること。

(3) 画像、音声、センサーからの信号を人的感覚値に変換するための知識を登録すること。

本機能が実現すれば、病棟や ICU でのテレメータや看護師の勤務状態、患者の状態を総合的に判断した安全監視機能への応用が可能となる。例えば ICU や病棟では Dr や看護師の人数が決まっているため、同時にナースコールがなされた場合、患者の状態を見て患者対応の順番を決定する必要がある、しかし本機能を利用することにより、対応の緊急度を自動的に判断できれば経験の少ない医療スタッフでも対応の優先順位を即時に知ることができ、余裕のある患者対応が実現する。そして将来的には医療部門だけではなく、監視カメラ等のセキュリティ分野への応用と展開が期待できる。

## 参考文献

- [1] 人工知能学会、人工知能ハンドブック、オーム社、1990
- [2] 尾上守夫、画像処理ハンドブック、昭晃堂、1990
- [3] 土井 滋貴、初めての動画プログラミング、CQ 出版、2007

## 連絡先:

〒751-8503 下関市一宮学園町 2-1  
 東亜大学 医療工学部 医療工学科  
 持田 信治  
 電話 : 0832-57-5061  
 Eメール : mochida@toua-u.ac.jp