

監視サービスにおける管制員に対する情報提示とその効果 The Information Presentation to the Operator in Supervisory Service, and its Effect

魚住 光成[†] 山田 耕一[†] 村井 秀聡[†] 浅間 一[‡] 高草木 薫^{††}

Mitsunari Uozumi Kouichi Yamada Shuto Murai Hajime Asama Kaoru Takakusaki

1. はじめに

様々な機器やネットワークから構成されるシステムを継続的に維持するため、監視が行われている。システムによってサービスを提供する事業者は、システムの監視を安価で効率的に行うため、監視業務をアウトソーシングすることは少なくない。アウトソーシングの受け皿として監視をサービスとして提供する事業者は、集中的に監視を行う設備を有し、管制員を用意して 24 時間 365 日の監視を実施する[1]。

監視サービスの事業者は、複数の顧客に対しサービスを提供するとともに、監視業務の合理化を進めることで、自らの生産性を向上させて競争力のあるサービス料金を実現する。その合理化の一つの方法として監視の自動化がある。本稿では、自動化を進めることによる管制員に発生する課題と解決策の提案を行う。

2. 監視対象と監視のオペレーション

監視サービスの対象とオペレーションの難易度について以下に述べる。

2.1 監視サービスの構造

監視サービスは、監視対象にプローブを設け、これを監視センタに集約する。監視対象の状態が変化すると、このプローブによってメッセージが監視センタに通知される。監視センタの管制員は、予め決められた手順書に従って、メッセージへの対応を実施する(Fig.1)。

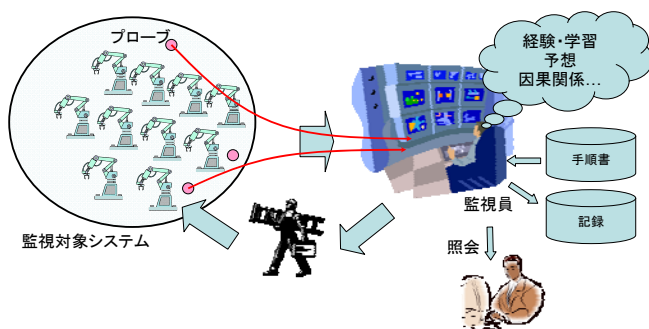


Fig. 1 管制員によるシステムの監視

2.2 メッセージの分類

プローブからのメッセージは、例えば ITIL v3 によると、「例外」、「警告」、「情報」の 3 つに分類される[2]。この分類はメッセージの内容で自明であるか、あるいは手順書の定義に沿って行える。

「例外」は、システムが提供するサービスに影響のある機器の故障や機器内のソフトウェアの異常終了等であり、これらは手順書に沿った回復が図られる。例えば、機器の故障は、交換の指示が管制員から機器業者に対して行われ、ソフトウェアの異常終了は、その再起動が管制員によって行われる。

「警告」は、放置するとサービスに影響が出る可能性のあるエラーやリソース消費の閾値越えの事象を伝えるもので、手順書に沿ったオペレーションによってシステムの状態の改善を行う。

「情報」は、サービスには影響のないシステムの状態変化を伝えるもので、管制員は変化があったことの記録などを行う。

2.3 オペレーションの難易度

管制員は手順書に沿ってプローブからのメッセージに対応するため、メッセージによって難易度に差異はないはずである。しかし、予め全ての事象を想定した手順書を用意することは不可能で、暗黙的なメッセージの解釈とオペレーションが管制員に期待されていることも少なくない。管制員が手順書に記載されていないメッセージに対する処置を、システムを構築した者に照会したり、システムを構成するネットワークの提供者に照会したりすることが発生する。照会先はどこが適切であるか、システムの構成等を理解して探し出すこととなり、これが難易度の差異となる。

難易度は、難しいものほど発生頻度は低い。ある監視システムの半年間に処理したメッセージ 1.5 万件について、オペレーションの難易度を、処理に要した時間に沿って低から高に 5 段階に分類すると、それぞれの発生頻度は、Fig.2 のようになった。難易度は、Table 1 のように設定している。尚、この処理時間はメッセージが発生してから処理が完了するまでの経過時間であり、これは管制員の作業時間と相関性はあるが、作業時間そのものではない。

この難易度は、先に示したメッセージの分類と相関性は低いと考えられる。サービスの停止を引き起こした「例外」は、構成する機器単体の故障が多く、この場合のオペレーションについての手順書の記述は明確である。一方、「警告」や「情報」は、そうしたメッセージが発生することが手順書に網羅的に記述されているとは限らず、オペレーションを決定するまで時間のかかる難易度の高い事象となることもある。

Table 1 難易度と時間

難易度	処理時間
1	15分以内
2	2.5時間以内
3	24時間以内
4	10日以内
5	上記以上

[†] (株) 三菱電機, MITSUBISHI ELECTRIC Corp.

[‡] 東京大学, The Univ. of TOKYO

^{††} 旭川医科大学, Asahikawa Medical Univ.

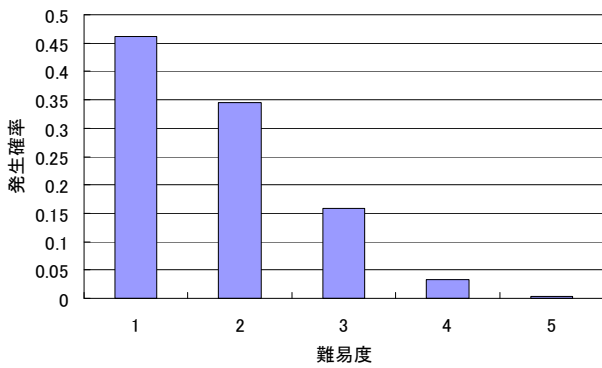


Fig. 2 難易度と発生確率

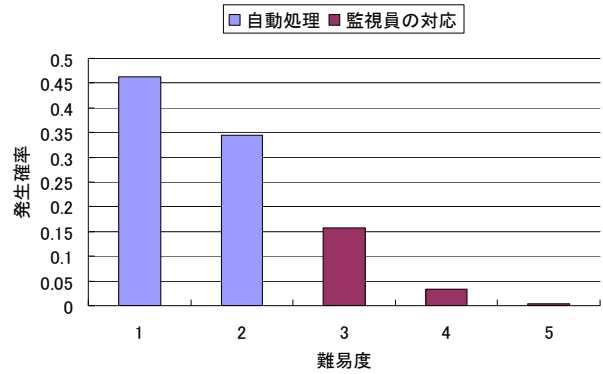


Fig. 4 処理の難易度と自動化

3. 監視の自動化

監視の自動化と管制員の必要性について、以下に述べる。

3.1 監視の自動化の目的

監視の自動化は、監視サービスの業務の合理化の一環として位置づけられる。監視サービスを提供するにあたり、発生するメッセージとオペレーションを定義する手順書は作成されるため、多くの監視業務の内容は明確になっている。この手順書の内容を、例えばプログラムによって自動実行すれば、管制員の手を煩わすことはない。(Fig.3)

自動化によって、管制員の監視対象の拡大と、処置時間の短縮によるサービスレベル向上が図れる。これら効果を目的として監視の自動化は進められている[3].

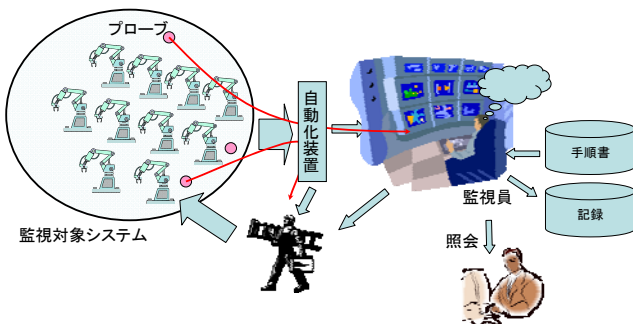


Fig. 3 監視の自動化の構成例

3.2 監視の自動化と管制員

全ての事象に対応した網羅的な手順書は存在しえず、管制員の介入を皆無にすることはできない。また、手順書に記載されていても全て自動的に処置できるとは限らない。

その為、オペレーションの難易度の分布の内、Fig.4で示すように難易度 1, 2 のような容易なものを自動化することとなる。従って、難易度の高いものが管制員のオペレーションとして残る。監視サービスにおいて管制員の存在は、自動化を進めても不可欠である。

4. 監視の自動化における課題

監視サービスにおける自動化の課題について、移動知、脳活動の観点から導出する。

4.1 移動知と管制員

移動知では、人と環境との関係を Fig.5 のように提起した[4]。この図の環境に監視対象のシステムを当てはめて考えてみる。

このモデルにおいて監視で扱うメッセージは、2 の「環境」から「知覚」への矢印に相当する。「知」は、「知覚」からの情報も得て「行動」への矢印 3 に作用する。

自動化は、矢印 2 の間に機械を置き、フィルタをかけることになるため、「知」への矢印 3 の情報も希薄になる。従って、自動化が組み込まれた場合の「知」が自動化前と同等であると考えすることはできない。

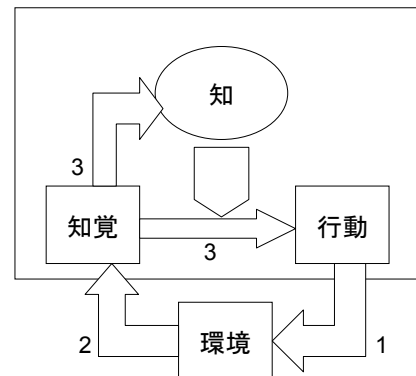


Fig. 5 移動知のモデル

4.2 脳活動と監視業務

監視のような環境の変化に対する認知については、大脳皮質だけでなく、大脳辺縁系や脳幹が関わっている[5]。大脳辺縁系や脳幹には外界からの全て信号が入力され、外界環境の変化に対して警戒や注意を要する状況の変化に対して脳幹は強く反応する。一方、大脳辺縁系はこれらの信号に対する情動の評価に関与すると考えられている。例えば、知覚した事象が予期していなかったものであればネガティブな信号が大脳辺縁系から大脳皮質につたえられ、この不快を解消するため環境を探索する信号がだされると考えら

れる。その結果、筋緊張の増加、発汗増加、瞳孔散大、心拍数増加などが起こる。

一方、予期していた事象であればポジティブな信号が大脳皮質に伝えられ、自律神経系も安定するストレスのない状態で事象に対応できる。(Fig.6)

この予期した事象に対する評価は大脳辺縁系によってなされるものであり、機器やシステムの技術的な知識に基づくものではない直観的評価(判断)である。

オペレーションにおいて、能動的な行為を伴うほうが人の行動が早くなるという報告[6]があるが、これは、能動的な行為によって起こりうる事象を予期し、これによってストレスのない状態で対応することが可能となることによると、考えられる。

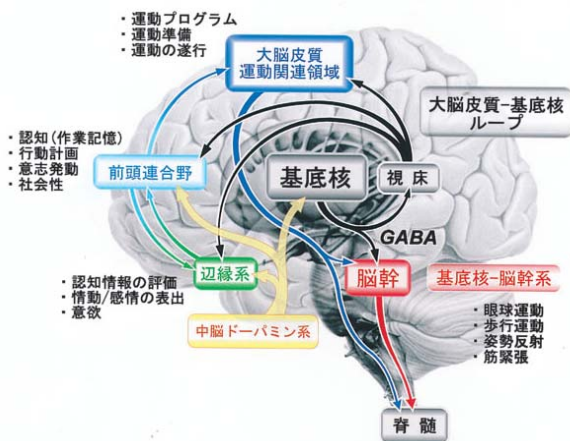


Fig. 6 脳とその働き

4.3 課題

監視の自動化は、一見合理的に見えるが、次のような課題がある。

(1) 対象システムを知覚する機会の減少

難易度の高い事象にのみ対応する管制員という構図は成立しにくいと考えられる。

自動化によって管制員が対応する 1 システムあたりのメッセージ数は減少するが、管制員が対象システムを知覚し、知に反映する機会も減少している。

これに対応するために、現状より充実した教育を行う[7]ことを必須とすると運用コストの増加につながってしまう。

(2) 管制員の能動性

自動化前の監視においてもいえることであるが、システムの監視が管制員にとって受動的である。監視のメカニズム上、プローブが機器の発するメッセージを伝えることとあわせ、定期的に機器の状態を確認する能動的な監視は行われている。しかし、これは管制員には見えない。

移動知が示す「知覚」から「知」への情報は、行動が基点となるサイクルの中に位置づけられており、「環境」の変化の「知覚」から始まるサイクルにでも、同様に機能するものか定かではない。

また、脳の働きに沿って現状の受動的な監視を考えると、多くのメッセージがネガティブな事象として扱われ、高いストレスで処理されることになる。

5. 解決策の提案

管制員の対象を知覚する機会の減少と受動的な状態であることを解決する方法を以下に提案する。

5.1 提案のモデル

管制員を知覚にシステムの状態を与え、且つ、監視業務に能動性を持たせる方法として Fig.7 のモデルを提案する。

このモデルでは、処置が自明な監視対象のシステムからのメッセージは自動的に処理すると共に、管制員が自ら、対象の状態を探索する機能を有する。

監視対象の変動は自動検出するため、これによって異常の検出精度が向上するというのではないが、例えば、この探索機能によって管制員が能動的に巡回点検等を行うことで、対象を知覚し知に反映する機会を得て、難易度が高い事象への対応力を維持することが可能となると考えられる。

また、管制員が能動的に対象を探る行為を業務に持たせることで、難易度が高い事象に対する対応時間の短縮も期待できる。

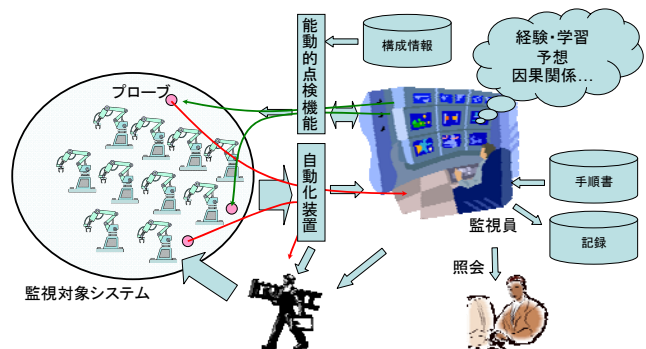


Fig. 7 能動性を付加した監視の構成例

5.2 能動的作業時間の抽出

能動的作業を行うために、発生したメッセージに対応可能な時間が減少することは、生産性の観点から回避する必要がある。

監視対象からあがるメッセージはランダム性が高く、また、メッセージに対しては発生から解決までの経過時間はサービスレベルを維持するために管理する必要がある。

例えば、単位時間に 1 件のメッセージを処理できる管制員が 1 名いた場合、発生したメッセージに対し平均 2 単位時間内処理を完了しようとする管制員の稼働率は 50%となる。これは待ち行列モデルによって試算できる。

管制員の稼働率は、50%から 70%程度で運用するのが一般的であり、従って勤務時間の 30%から 50%はメッセージを待っている状態である。この時間を能動的作業に当てることは可能であり、管制員の発生したメッセージに対応する時間を低下させることはない。

5.3 能動的業務例

監視対象の信頼性は均一ではなく、バスタブ曲線と呼ばれるカーブを時系列にとることが知られている。また、機器の性能特性の変動から故障の予兆を検出するシステムも存在する。

こうした数値を管制員に提示し、メッセージを発生しそのような機器の状態や発生した場合の処置方法などを管制員に閲覧させることで、起こりうる事象を予測する機会を与える。

尚、ここで想定する予期は脳辺縁系で行われるため、相対的にリスクが高いと示した機器が、実際に発生する障害と高い相関性を持つことは、必須ではないと考えられる。

6. 模擬環境による実験

提案のモデルについて、模擬環境を構築して被験者を用いた計測と評価をおこなった。

6.1 模擬環境

コンピュータを使った監視システムの模擬環境を構築し、被験者を用いた計測を行なった。

被験者はコンピュータの画面を見てアラームの発生を待機する。アラームはランダムに発生し、その発生間隔は平均すると 25 秒としている。

アラームが発生するとその旨の表示が行われる。被験者はアラームを知覚すると画面上のボタンをクリックする。アラーム発生からこのクリックまでの時間を初動時間とする。

クリックによってアラームに対する処置の画面が表示される。被験者は画面の内容に従って処置を決定し、該当する画面上のボタンをクリックする。処置の画面表示からこのクリックまでの時間を処置時間とする(Fig.8)。

処置を完了すると、再び待ちの状態に戻る。このシーケンスを 1 つのテストあたり 20 回繰り返す。

模擬する監視対象の機器は 1000 個であり、発生するアラームは三種類、処置は三種類であり、機器と発生するアラーム、対応する処置の組み合わせは、テスト毎に生成される。

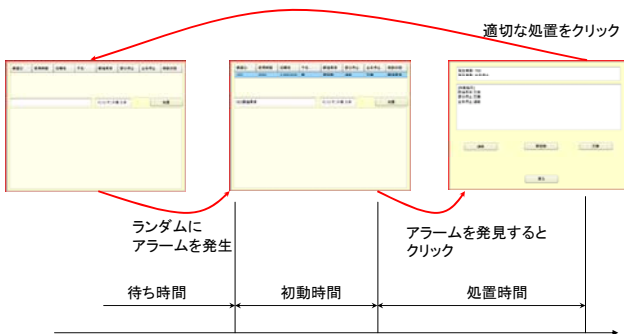


Fig. 8 模擬環境の画面遷移

6.2 ユーザ・インターフェース

管制員が受動的にアラームを待つ状態を模すテストと、提案の管制員に能動性を持たせた監視を模すテストを行うため、アラームを待つ画面は次の 2 種類を用意した。

(1) 受動型

受動型の待ち画面では、アラームが発生するまで付加的な情報は表示されない。

アラームが発生すると、画面の上段に発生した機器の情報が表示される。

被験者はアラームの表示を認知すると処置のボタンをクリックする。

Fig.9 に、アラームが発生したときの画面例を示す。



Fig. 9 受動型のアラーム待ち画面

(2) 能動型

能動型の待ち画面では、常時、監視対象の一覧が画面下部に表示される。

被験者はアラームを待っている間に、この一覧をスクロールしたり、機器 ID や使用時間などの項目で一覧をソートすることが可能である。

尚、使用時間や信頼性、予兆の項目の表示内容と、アラームが発生する機器の可能性は、この模擬環境においては相関性はとっていない。実システムにおいては、統計的にはアラームの発生と相関性のある項目ではあるが、この模擬システムで被験者が対応する 20 のアラームにおいては有意な差異とはならないことによる。

Fig.10 に、アラームが発生したときの画面例を示す。

機器ID	使用時間	信頼性	予兆	閾値異常	部分停止	全体停止	稼動状態
916	4109	0.9916213	無	再起動	再起動	交換	閾値異常

916 閾値異常		インシデント数 0 件		処置			
機器ID	使用時間	信頼性	予兆	閾値異常	部分停止	全体停止	稼動状態
906	4906	0.9937637	有	連絡	再起動	再起動	正常
907	4852	0.9937613	無	再起動	再起動	連絡	正常
908	51	0.9928326	無	交換	交換	交換	正常
909	7931	0.9983228	無	再起動	連絡	交換	正常
910	3366	0.9995264	有	交換	交換	連絡	正常
911	3813	0.9981338	有	交換	再起動	再起動	正常
912	5466	0.9924261	無	連絡	再起動	連絡	正常
913	8833	0.9907081	無	連絡	交換	交換	正常
914	2093	0.9978009	有	再起動	連絡	再起動	正常
915	8845	0.9956964	無	連絡	連絡	交換	正常
916	4109	0.9916213	無	再起動	再起動	交換	閾値異常

Fig. 10 能動型のアラーム待ち画面

7. 実験結果と議論

実験の結果、能動性をもつケースにおいて処置時間の短縮が見られた。

7.1 被験者と結果

5名の被験者について計測した結果は以下の通りである。操作に対する習熟度合いの影響を排除するため、集計では20アラームの内の後半の10アラームを対象に実施している。

それぞれの平均時間を fig.11 のグラフで示す。

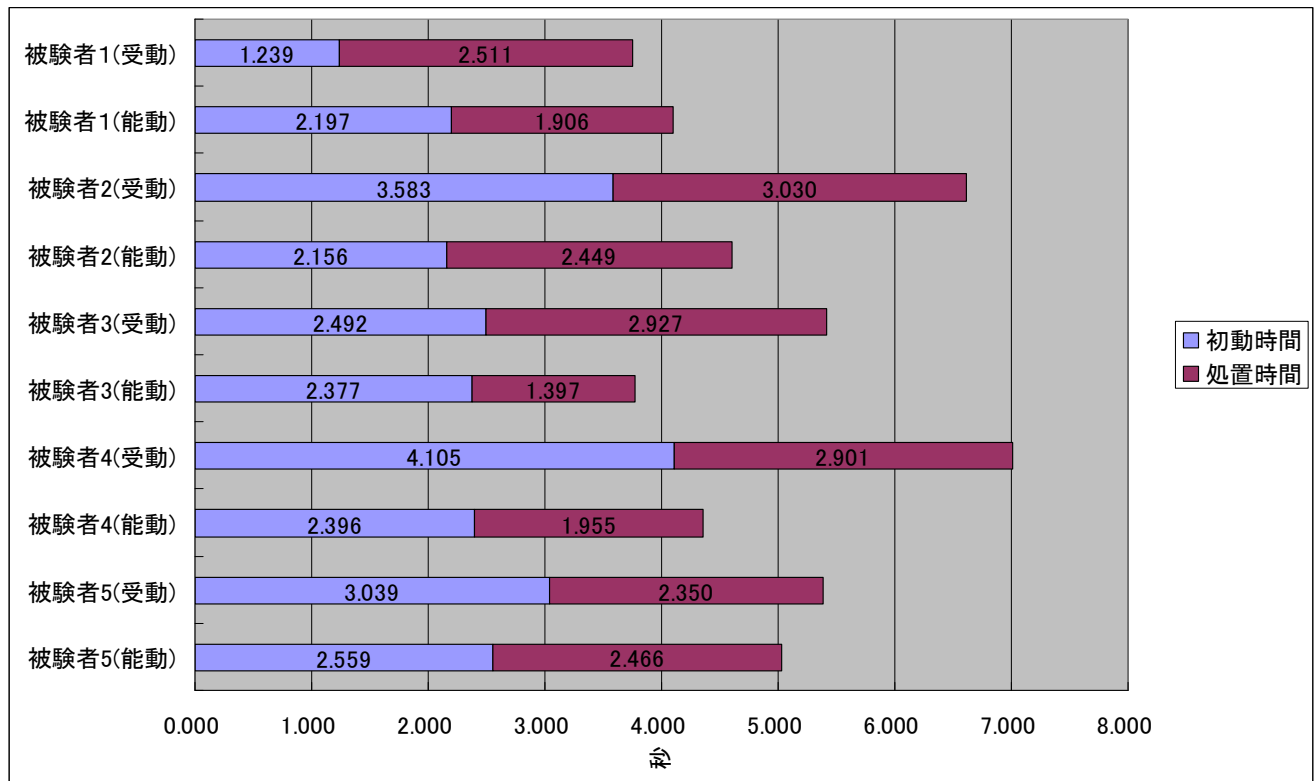


Fig. 11 初動時間、処置時間の平均

7.2 検定

それぞれの被験者の初動時間、処置時間について受動型と能動型で有意な差異があるか評価するため、T検定を実施した結果を Table 2 に示す。

値が 5% (0.05)未満の項目は、受動型と能動型で時間の分布が同一の分布であることが棄却される。

従って、被験者 2、被験者 3、被験者 4 の処置時間については、受動型と能動型で異なる時間分布であるということができる。

Table 2 T 検定の結果

P(T<=t) 両側	初動時間	処置時間
被験者1	0.177	0.092
被験者2	0.055	0.028
被験者3	0.898	0.000
被験者4	0.158	0.005
被験者5	0.432	0.492

7.3 結果の評価

初動時間の平均については、被験者 1 を除き受動型に比べ能動型の方が短縮されている。但し、この差異は検定の結果により有意なものとは認められない。

処置時間の平均については、被験者 5 を除き受動型に比べ能動型の方が短縮されている。この結果は、被験者 2、被験者 3、被験者 4 については、検定の結果、有意な差異があると認められる。被験者 3 においては処置時間が 48% に短縮しており、効果が顕著である。

付：被験者の処置時間の分布に示す，それぞれの処置時間のヒストグラムからは，概ね能動型の方が時間の短縮の傾向にあることが伺える。

本実験では，能動型は 1000 件の監視対象の一覧を示すが，これは被験者の 20 回の処理において叙述的な記憶として働くことは難しい。有意な差異のあるケースが結果として得られたことは，非叙述的な記憶として大脳辺縁系の予測の判別に影響したと考えることができる。

8. 今後の課題

提案の方法は，予測の脳活動を活発にし，結果，メッセージの処置時間の短縮や不快感の低減による管制員の継続性向上に効果があることが期待できる。

しかし，以下の事項は明らかではなく，継続的な実験的な環境で試行/評価する必要がある。

(1) 脳活動と計測した事象の関係性の証明

現時点では，大脳辺縁系の働きによる差異が，この計測結果となっているのか，確認はできていない。

(2) 待ち時間の業務転用の影響

アラームを予測した事象として知覚するよう，従来アイドルな時間であった待ち時間に，管制員の能動的アクションを期待した方法である。これによって，管制員の作業負担が有意に上昇する恐れがある。

これらは，実験環境における被験者の作業時間，被験者の筋緊張，発汗，瞳孔，心拍数などの生理的変動の計測によって評価できる。生理的な計測が可能な環境で追試を行うことで，明らかにしていく。

9. おわりに

監視サービスの合理化の一環で行われるメッセージ処理の自動化は，管制員が対象システムを知覚する機会を減少させ，管制員の処理能力を低下させる恐れがあることを報告した。また，それを解消する解決策として巡回点検の様な能動的行為を業務に取り入れることを提案した。

この提案に沿った監視を模擬した評価システムにおいて，能動的行為を組み込むことで，管制員の処理時間が短縮できるケースがあることが確認できた。

今後は，被験者の生理的反応もあわせて計測し，方法の裏づけを強化する予定である。

参考文献

- [1] 統合運用管制センター(ICC), <http://www.mind.ad.jp/service/icc/>
- [2] Information Technology Infrastructure Library v3, 2007
- [3] 子方秀介 他, クラウド指向データセンター基盤, NEC 技報 Vol.63 No.2, 2010
- [4] 浅間一 他: 移動知 適応行動生成のメカニズム, 2010
- [5] 土屋和雄他: 身体適用 歩行運動の神経機構とシステムモデル, 2010
- [6] 柄川麻美 他: サーチライト課題において操作者の能動性と受動性が与える影響, 第 11 回システムインテグレーション部門講演会(SICE2010), 2010
- [7] 大槻眞裕: 無人化システムにおける運用の考察,

付：被験者の処置時間の分布

グラフ中、Aは受動型、Bは能動型を示す。

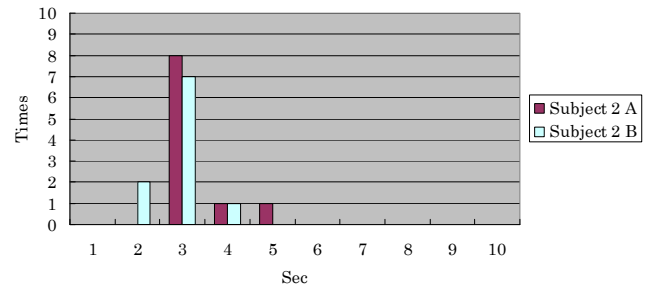


Fig. 12 処置時間の分布 (被験者 2)

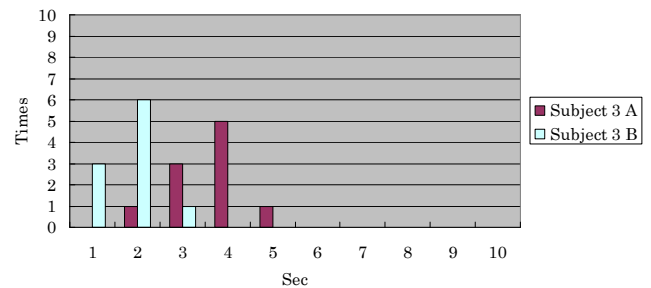


Fig. 13 処置時間の分布 (被験者 3)

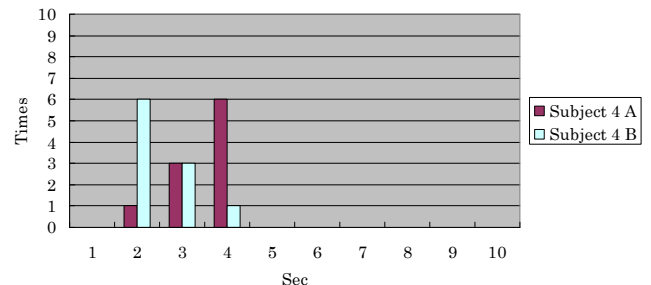


Fig. 14 処置時間の分布 (被験者 4)