海上交通管制業務における管制官の管制過程に関する分析

宋 彬冰¹・伊藤 博子²・川村 恭己³・福戸 淳司⁴

Analysis of Management Processes of Vessel Traffic Service Operators

Binbing SONG, Hiroko ITOH, Yasumi KAWAMURA and Junji FUKUTO

Abstract

Recently, Vessel traffic service (VTS) operators are highly required to get the ability to manage traffic flow, by detecting Conditions that Requires Attention (CRA) from the monitoring screen. The authors elucidated the cognitive processes of VTS operators for detecting CRA, after that they are planning to propose training methods for the inexperienced operators. As the first step of the study, in order to acquire the cognitive contents of VTS operators, we observed the difference of management process between inexperienced and experienced operators by the experimental analysis based on an on-site viewpoint. A series of traffic management process experiments by using a simulator for training VTS operators was carried out for both inexperienced and experienced operators. In order to understand the management process of operators, we proposed a management task chart based on the results of the experiments. The result shows that the inexperienced operator handles a few CRA intensively, while the experienced operators handle many CRA at the same time. It also shows that in order to make more rational the management task, it is necessary to properly select the concerned ship of CRA, the contents and the timing for calling the ship.

Keywords : *traffic, traffic control, VTS operator, vessel traffic service, simulation management process experiment, management process*

キーワード: 交通, 交通管制, 運用管制官, 運用管制業務, 模擬管制処理実験, 管制過程

1. 緒論

現在、業務の効率を向上させるには、様々な業務支援システムを導入するようになっている。海上交通管制においても、運用管制官が日々行う運用管制業務を支援するために、情報処理技術(IT)を活用したシステムが使われている。しかしながら、業務支援システムが複雑になるにつれ、それを利用する人の能力の向上も必要になってきている⁽¹⁾。

一方、昨年、第3次交通ビジョン⁽²⁾により、東京

湾における管制一元化⁽³⁾が進められた。これにより、運用管制官の管制する海域が拡大されるとともに、管制内容の充実化が求められている。よって、運用管制官には、より高度な管制能力が求められると共に、各運用管制官の業務の効率化や管制技能伝承の迅速化のための技術支援が重要となっている。特に、著者らは、運用管制官がより早く業務環境に適応するための、新人向けの新たなトレーニング法の構築が必要であると考えている。たとえば、新人の育成

¹ 学生会員 横浜国立大学 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5) song-binbing-jb@ynu.jp

² 正会員 海上技術安全研究所 (〒181-0004 東京都三鷹市新川 6-38-1) hiroko@nmri.go.jp

³ 正会員 横浜国立大学 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5) kawamura-yasumi-zx@ynu.ac.jp

⁴ 正会員 海上技術安全研究所 (〒181-0004 東京都三鷹市新川 6-38-1) fukuto@nmri.go.jp

時間を短縮することが可能なトレーニング法が考えられる。

運用管制官の業務のうち、船舶の動静監視業務は、運用管制官がレーダ処理画面から注意すべき状況を検出することをきっかけに開始される。検出の早さ、正確性が危険の早期検知・予防を支えている。従って、これらの検出能力を習得するためには、まず運用管制官が行っている状況の検出作業を十分に理解することが重要である。

著者らは、運用管制官の注意すべき状況の認知プロセスを解明し⁽⁴⁾、新人のトレーニング方法を立案することを考えている。その最初のステップとして、運用管制官の認知内容を取得する必要がある。本研究の目的は、船舶の動静監視業務を対象として、現場の視点に基づいた実験的な分析を行うことによって、運用管制官の管制過程について理解することである。本稿では、運用管制業務の訓練卓(以下、訓練卓という)を用いた模擬管制処理実験の概要を示すとともに、管制作業図を用いた管制過程の分析結果について報告する。

2. 認知工学に関する既存研究

Hollnagel,E.は、人間行動は、それが行われる状況によって主に決定され、その本質は状況の全体性の中にあると主張している⁽⁵⁾。このような認知作用をモデル化したものとして、状況決定制御モデル(COCOM:Contextual Control Model)⁽⁵⁾と意思決定モデル(RPD:Recognition Primed Decision model)⁽⁶⁾(以下、RPD と記す)が挙げられる。

航空管制では、井上⁽⁷⁾らが、航空路管制業務を対象に、実験的なアプローチによって、管制官のタスク分析を行った。そして、RPD に基づき、意思決定プロセスについてのヒューマンモデルを構築した。また、青山ら⁽⁸⁾が、RPD に基づき、航空管制パフォーマンスの評価指標を確立した。

一方、海上交通管制では、認知工学的な観点から管制作業を分析し、運用管制官の業務支援対策を提案するような研究は行われていない。よって、本研究では、模擬管制処理実験を実施することにより、運用管制官の管制過程と認知プロセスについて分析する。

3. 船舶の動静監視業務の概要

運用管制業務はIALA(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse

Authorities:国際航路標識協会)の VTS(Vessel Traffic Services)マニュアルに記載された VTS 業務のことである。日本における VTS 業務は、大きく情報提供業務、勧告・指示等業務、及び航行管制業務から構成されている⁽⁹⁾。これらは、船舶の動静を情報収集及び監視により把握する動静監視業務に基づき実施される。

東京湾海上交通センターが行う船舶の動静監視業務の対象海域は東京湾内と湾外である。東京湾内は、レーダー、AIS(Automatic Identification System:船舶自動識別装置)、テレビカメラで船舶の動静を把握する。湾外は、AIS のみで把握する。把握した船舶に対して必要な情報を国際 VHF 無線電話、船舶電話等により提供する⁽⁹⁾。

運用管制官はこの海域において主にレーダ処理画面を通じ、管制海域における船舶の動静等を確認し、注意すべき状況を発見する。そして、関係船舶に対して情報提供、警告、勧告といった運用管制業務によって、海上交通の安全性や効率性を維持している。なお、船舶に対して勧告や指示を行う場合、海域全体を統括する統括運用管制官が最終判断を行う⁽¹⁰⁾。

上記の業務内容を更に作業動作に分けると、以下のようになる。まず運用管制官はレーダ処理画面に表示されている船舶を見たり、クリックしたりすることによって、船舶動静の変化を監視し情報の収集業務を行う。次に注意すべき船舶を呼び出し、その情報を伝える。運用管制官が船舶の動静変化を監視している最中に、船舶から呼び出され、助言等を求められることもある。

4. 訓練卓を用いた模擬管制処理実験

4.1 実験概要

本研究では、実際に海上保安庁所有の訓練卓を用い、事前にシナリオ(レーダ処理画面に表示される海上交通状況)を一つ用意して、模擬管制処理実験を行い、主に運用管制官の業務内容について観察した。2017年11月6日に旧東京湾海上交通センター(観音崎)にて模擬管制実験を行った。図1に実験の様子を示す。

実験の目的は、運用管制業務を行う際の運用管制官の作業動作、及び運用管制官が扱う情報を記録することである。そして、記録された動作・情報を用いて、以後の管制作業図を作成・解析する。

図1 模擬管制処理実験の様子

図2 本実験における対象海域
(イベント1～9の発生位置表示)

4.2 実験シナリオ

実験シナリオは、東京湾内に入るため、大型コンテナ船及び危険物船などが多く通る浦賀水道航路と中ノ瀬航路を中心とする海域を対象として作成した。図2に対象海域を示す。シナリオの時間帯については、朝の時間帯が一番交通量が多いため、7時から8時までの間の20分間とし、注意すべき状況を組み込んだ。

これらの状況を本研究では、イベントと呼ぶ。実験シナリオ作成の際には、協力者のベテラン管制官と、3つのイベントを設定した。これらのイベント(イベント1～3)は、交通流をベースに、一部の船舶の動きを操作して、発生させた。また、以上の3つのイベントの他に、実験中、被験者が発見したイベントが6つ存在した。よって、本シナリオには合計9つのイベントが含まれる。

例としてイベント1の内容を説明する。イベント1は浦賀水道航路の屈曲部付近で観察されるもので、北航船が追い越しの際に航路外に出てしまう状況である。このような場合、追い越す船舶が追い越される船舶へ与える影響や、航路外から航路内へ戻る際の航路内の船舶への影響に注意するとともに、この状況を発見した場合には、関係船舶への注意喚起が必要である。他に、追い越す船舶が航路外に出た後、浅瀬に乗り上げる恐れがある場合には、追い越す船舶への注意喚起も行われる。このように、運用管制官が実験中にイベントを認識した際には、必要な対

応が求められる。

なお、本実験を実施する前には、被験者の運用管制官に、シナリオにイベントが含まれる等の情報は伝えず、普段通りに管制業務を行うように依頼した。

また、本実験では、すべての被験者に対して同一のシナリオを設定しているが、完全に同一の条件とすることは難しく、イベント2における関係船舶からの動静報告時刻にずれが生じている。しかしながら、本実験のように多くのイベントが含まれる同一のシナリオで実験を行うことにより、被験者間の違いの観察が可能になると考えている。

4.3 実験システム

図3に実験システムの構成(赤い線：記録・表示装置間のケーブル、青い線：電源コード)を示す。実験記録のためのシステムについて、運用管制官の作業動作及び運用管制官が扱う情報をできる限り記録するために、ビデオカメラを3台使い、管制業務全体を観察するとともに、レーダ処理画面と入航予定船舶リスト画面上において行った操作、無線通信の内容、運用管制官間の会話の内容を、映像と音声で記録した。また、レーダ処理画面上での操作時に、画面上で注視している内容を把握するために、視線を追跡する装置(グラス型アイトラッカー⁽¹¹⁾)を使って、視線の動きのデータを取得し、記録した。

図3 実験システムの構成

図4 アイトラッカー画面における視線表示図

図4にアイトラッカーにより追跡された視線位置の表示の例を示す。視線の動きは、注視点(ピンク点)から次の注視点まで折れ線(青い線)によって繋がって表示される。

また、注視点の丸(赤い丸)の大きさは、注視時間の長さを示している。本実験においては、注視点が各イベントの発生海域に留まったときは、該当イベントを「見る」動作を行っているものとみなした。

4.4 実験方法

本実験は、3名の運用管制官を被験者として、順番に実施した。実験直前に、協力者のベテラン管制官が、管制対象海域範囲の説明を行った後、約3分間、被験者に視線追跡用グラスを着用してもらうなどのアイトラッカーのセッティング作業をした。また、実験終了後に約15分間、それぞれの被験者にインタビューを行い、情報提供などの運用管制業務の意図について質問した。

表1に3名の被験者についての情報を示す。これ

表1 被験者データ

	レベル	管制官歴
被験者1	新人	8ヶ月
被験者2	中堅	4年8ヶ月
被験者3	ベテラン	5年8ヶ月

らの被験者のレベルは、管制官経歴年数によって、2年未満の者は新人レベル、2年以上5年未満の者は中堅レベル、5年以上の者はベテランレベルという目安にするとともに、最終的に、運用管制官の教育情報や経験を考慮して決定した。

5. 解析結果

実験データに基づき、イベント毎に管制過程を把握する。観察されたすべての作業動作を抽出し、イベント毎に整理した。時系列で見たイベント毎の管制作業を図5のようにまとめた。被験者が関係船舶に注意喚起をしたイベント、すなわち、実際に検出したイベントの管制過程のみを解析対象にした。これを管制作業図と呼ぶ。本研究では、この管制作業図を用いて、新人と中堅・ベテランにおける管制過程の違いを解析した。具体的には、運用管制業務中に観察された作業動作全体、及び個別の動作を解析した。

5.1 時系列で見たイベント毎の管制作業

管制作業図(図5)においては、縦軸はイベント、横軸は時間を表す。時間はシナリオ内の設定時刻を表している。図のように、運用管制業務はいくつかの作業動作によって構成されている。本研究では、「呼び出され」、「見る」、「クリック」、「呼び出し」といった4つの作業動作に着目した。「呼び出され」とは、船舶から海上交通センターに船舶情報の連絡が入ることである。「見る」とは、運用管制官がレーダ処理画面から船舶の動静を見ることである。「クリック」とは、運用管制官がレーダ処理画面上において船舶情報を確認するために、船舶をクリックすることである。「呼び出し」とは、運用管制官が注意すべきであると判断した船舶を呼び出すことである。

本研究では、イベントの中心的な船舶を理解しやすくするため、「本船」と「周辺船」の概念を導入した。「本船」とは、イベントに潜んでいる危険を起こしそうな船舶、あるいは異常な動きを取っている船舶のことである。「周辺船」は、本船の周辺にいて、本船の影響を受けそうな船舶のことである。通常の

a) 被験者1: 新人

[illegible]

b) 被験者2: 中堅

□:呼び出し
×:見る
○:クリック
□:呼び出し

[illegible]

c) 被験者3: ビデラン

[illegible]

図5 時系列で見たイベント毎の管制作業

場合は、本船と周辺船が衝突する可能性があると考えられる。

図の中に示された×(バツ)と○(楕円)については、それぞれ「見る」と「クリック」を表している。船舶からの「呼び出され」は長方形内に「船舶 ID 名から連絡」で記す。イベントに関する船舶に対する「呼び出し」は長方形内に「本船+ID 名」または「周辺船+ID 名」で記した。また、イベントに対する呼び出し毎に番号を「被験者番号-イベント番号-呼び出し順番号」で付けた。

6. 考察

図 5 から、管制過程が以下のように観察された。被験者は主に「見る」「クリック」をすることを通じ、船舶の動静変化に関する情報を収集し、注意すべき状況を判断する。そして、「呼び出し」といった行動を取っている。すなわち、認知の観点から何らかの情報を認識し、注意すべき状況であるかどうか判断した上で、何らかの行動を決定・実行したと考えられる。よって、主に認識すべき情報内容、及び決定すべき行動内容を切口として、被験者による管制過程の共通点と相違点を以下にまとめる。

なお、上記に示す一つの管制過程を一サイクルと呼ぶ。

また、管制過程における「呼び出し」について、セットと回という単位を設定して、説明する。一セットの呼び出しは、一回、または複数回の呼び出しによって構成されている。例えば、図 5 の a)より、被験者 1 はイベント 1 に対して 1 回目の呼び出しを行い、そのイベントの動静を確認したのちに、すぐ 2 回目の呼び出しを行った。b)より、被験者 2 はイベント 1 に対して 1 回目、2 回目、3 回目の呼び出しを次々に行った。このような複数回の呼び出しのことを一セットの呼び出しと呼ぶ。

6.1 管制過程の一サイクルにおける船舶を呼び出す際の確認方法

(1) 図 6 に、被験者 2 と 3 (中堅とベテラン) のイベント 4 に対する 1 セット目の呼び出し状況をまとめた。イベント 4 は、A46、A48 及び 0241 といった 3 隻の船舶によって構成される(図 5)。図 6 では、それぞれ A、B、C 船で記す。図 6 から、被験者ごとに呼び出した船舶が違うが、両者とも呼び出さなかった船舶の「クリック」は行ったため、事前に該当イベントの関係船舶をすべて確認した上で、対象船舶を呼び出した点は共通していることがわかる。

A船のクリック		7:40:00	7:41:00	7:42:00	7:43:00	7:44:00
被験者2	イベント4	X	X	X	X	X
被験者3	イベント4	X	X	X	X	X
		2-4-②		2-4-③		
		C船		B船		
		3-4-②		3-4-③		
		A船		B船		

図 6 被験者 2 と 3 のイベント 4 に対する 1 セット目の呼び出し

B船のベクトルの長さ と船首方向の変化から 異常に気付いた。		7:52:00	7:53:00	7:54:00	7:55:00
被験者2	イベント3		2-3-⑩	2-3-⑪	
被験者3	イベント3		3-3-⑬	3-3-⑭	3-3-⑮
			B船	A船	
			A船	B船	A船

図 7 被験者 2 と 3 のイベント 3 に対する 2 セット目の呼び出し及びインタビューの回答内容

(2) 図 7 に、被験者 2 と 3 (中堅とベテラン) のイベント 3 に対する 2 セット目の呼び出し状況及びインタビューの回答内容をまとめた。

イベント 3 は、A46、A48 及び F11 (異常船舶) といった 3 隻の船舶によって構成される(図 5)。被験者 2 と 3 のイベント 3 に対する 2 セット目の呼び出し付近では、A46、F11 船のみが呼び出された。図 7 では、それぞれ A、B 船で記す。イベント 3 では、被験者ごとに最初に呼び出した船舶が違い、インタビュー回答を確認した所、異常船舶の B 船に気づくまでの過程が被験者によって異なっていた。中堅が船舶のベクトルの長さも船首方向も確認したため、ベテランより早く異常船舶に気づいたことがわかる。

6.2 同時に管制処理したイベント数

図 5 より被験者のレベルにより呼び出すイベント数に関して以下の傾向が観察できる。

表2 同じ時間帯に並行して「見る」「クリック」及び「呼び出し」を行ったイベント数

開始時間	7:40:00	7:44:00	7:48:00	7:52:00	7:56:00	平均
終了時間	7:44:00	7:48:00	7:52:00	7:56:00	8:00:00	(個)
被験者1	2	2	2	2	2	2
被験者2	4	3	5	5	4	4
被験者3	5	5	5	4	7	5

(1) 図5に示すように、各被験者の呼び出したイベント数から、被験者のレベルが上がれば、呼び出すことが可能なイベント数が多くなる。

(2) 表2に同じ時間帯に並行して各被験者が「見る」「クリック」及び「呼び出し」を行ったイベント数をまとめた。20分間の実験シナリオを均一に幾つかの時間枠に区切り、その中で、4分間が一番各被験者の違いを観察するのに有効であると判断した。そこで、4分間毎に各被験者が処理したイベント数を収集し、平均値を出した。表2から、被験者のレベルが上がれば、同じ時間帯に並行して、イベントをより多く処理している傾向がある。

また、いずれの被験者も同じ時間帯に複数のイベントを処理していることから、一つのイベントに関係する船舶を呼び出していると同時に、他のイベントの船舶動静にも注意を払っている。

6.3 一つのイベントに対する管制処理サイクル

いずれの被験者も1セット目の呼び出しの後、そのイベントの関係船舶の動静変化に注意を払い、必要に応じて2回目以降の呼び出しを行うことがわかった。例えば図5のc)より、被験者3はイベント3に対して、最初に呼び出しを行った後、3つのイベントにそれぞれ関係する船舶を順に呼び出したのちに、イベント3を確認してから、すぐに2セット目の呼び出しを行った。

つまり、一つのイベントに対して、「呼び出し」までの管制過程が一サイクルだけではなく、何サイクルも該当イベントを見て、クリックして、情報収集していることが共通している。

一方、図5に示すように、イベント1に対して、新人は4セット呼び出しを行ったが、中堅・ベテランは1セットだけ呼び出しを行った。それに、イベント2に対して、新人は「呼び出され」の後、暫く関係船舶の動静を確認してから、1セット目の呼び出しを行ったが、中堅・ベテランは「呼び出され」の後すぐ、1セット目の呼び出しを行った。これらのことから、新人のトレーニング法を改善する際に、

表3 被験者3名のイベント1に対する各「呼び出し」の方法

	レベル	No.1 呼び出し		No.2 呼び出し		No.3 呼び出し		No.4 呼び出し		No.5 呼び出し	
		船舶	内容	船舶	内容	船舶	内容	船舶	内容	船舶	内容
被験者1	新人	本船	勧告	周辺船B	情報提供(本船)	周辺船A	情報提供(本船)	本船	情報確認	本船	情報確認
被験者2	中堅	本船	勧告・情報確認	周辺船A	情報提供(本船)	周辺船C	情報提供(本船)				
被験者3	ベテラン	本船	勧告・情報提供(周辺船A)	周辺船A	情報提供(本船)	周辺船C	情報提供(本船)				

呼び出しのセット数とタイミングを適切に決める必要があると考えられる。

6.4 一つのイベントに対する各「呼び出し」の方法

前節では、セット単位の呼び出しについて、説明したが、ここでは、回ごとの呼び出しについて、説明する。

一回の「呼び出し」は、呼び出し船舶、呼び出し内容及び呼び出し順番といった3つの要素によって構成される。表3に被験者3名のイベント1に対する各「呼び出し」の方法をまとめた。イベント1は、A42、A44、0698及び0538といった4隻の船舶によって構成される(図5)。表3では、それぞれ本船、周辺船A、周辺船B、周辺船Cで記す。上記の3つの要素から、新人と中堅・ベテラン間を比較したところ、以下の共通点と相違点が確認できる。

(1) 呼び出し船舶から、3名ともNo.1の呼び出しで本船に勧告を出した点が共通している。そして、3名とも各呼び出しでは本船と周辺船Aに着目していた。一方、注目したもう一隻の周辺船が被験者によって異なっていた。新人はNo.2の呼び出しで周辺船Bに注目したが、中堅・ベテランはNo.3の呼び出しで周辺船Cに注目した。

上記のことから、新人のトレーニング法改善のために、イベントを構成したすべての関係船舶から、呼び出す必要がある船舶のみを正しく選定する必要があると考えられる。

(2) 呼び出し内容から、3名とも本船(周辺船)を呼び出してから、本船(周辺船)に周辺船(本船)の情報を提供していた点が共通していることから、3名ともイベントの関係船舶については、本船と周辺船に分けるといった概念を持っていることが分かる。

一方、本船の呼び出し内容については、被験者によって異なっていた。No.1の呼び出しは、新人は本船に勧告のみを出したが、中堅・ベテランは勧告以外に、本船の情報確認、周辺船の情報提供なども加

えた。そのため、呼び出し数も被験者によって異なっていた。すなわち、新人は No.4 と No.5 の呼び出しを行い、本船の情報確認をしていたが、中堅・ベテランは No.4 以後の呼び出しをする必要がなかった。このことから呼び出しの際に関係船舶に確認・提供する内容を適切に選定することにより、より合理的な管制が可能になると考えられる。

(3) 呼び出しの順番については、3 名とも No.1 の呼び出しで本船を、No.2 と No.3 の呼び出しで周辺船を対象船舶にしていたことが共通していた。一方、周辺船 A について、呼び出し順番が被験者によって異なっていた。新人は No.3 に周辺船 A を呼び出したが、中堅・ベテランは No.2 に周辺船 A を呼び出した。

上記のことから関係船舶に呼び出すタイミングを適切に予測する、つまり、新人のトレーニング法を改善する際に、各船舶の呼び出し順番を適切に決める必要があると考えられる。

7. 結論

本研究では、訓練卓を用いて新人と中堅・ベテランの運用管制官を被験者とした模擬管制処理実験を実施した。管制過程を分析するために、アイトラッカーを用いて視線の動きデータを計測するとともに、ビデオにより音声や映像を記録した。実験結果から、管制作業図を作成した。管制作業図を分析することによって、新人と中堅・ベテラン間における管制過程の違い、及び運用管制業務をするにあたっての認知内容について考察した。

(1) 新人と中堅・ベテランの管制過程を比較することにより、新人は、少数の注意すべき状況をより集中的に処理している一方、中堅・ベテランは、多数の注意すべき状況を同時に処理していることが観察された。

(2) 各被験者の呼び出しまでの状況を観察することにより、注意すべき状況の認知プロセスは以下のようになると考えられる。まず、該当イベントを構成するすべての関係船舶を見極める。次に、本船と周辺船の概念の下で、関係船舶における位置関係を確認した上で、呼び出しに必要な船舶及び呼び出し内容を正しく選定する。最後に、呼び出しのタイミングを適切に決定する。

以上のように本研究では、中堅・ベテランと新人の認知方法や注意すべき状況の処理方法の違いについて理解することができた。今後、これらの観察結

果に基づいて、運用管制官の認知プロセスを解明・分析するとともに、新人の育成時間短縮につながるトレーニング方法の提案を行いたいと考えている。

謝辞

本研究プロジェクトのためにご協力いただいた第三管区海上保安本部交通部並びに東京湾海上交通センターの皆様には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 古田一雄・長崎晋也：安全学入門, 第 1 章, pp.9-11,2007.
- (2) 海上保安庁：〈第 3 次交通ビジョン〉,
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h25/k20131003/k131003-3.pdf>,2019.1.
- (3) 第三管区海上保安本部：一元化リーフレット (PDF),
http://www.kaiho.mlit.go.jp/03kanku/ichigenka/pdf/ichigenka_j.pdf,2019.1.
- (4) Binbing SONG,Hiroko ITOH,Yasumi KAWAMURA and Junji FUKUTO:Analysis of Cognitive Processes of Operators of Vessel Traffic Service,the 16th World Congress of the International Association of Institutes of Navigation(IAIN),D8-1,2018.11.
- (5) Hollnagel,E.：認知システム工学—状況が制御を決定する—, 第 4 章, pp.167-194,1996.
- (6) G.Klein:Source of Power,Chapter 3,pp.23-30,1998.
- (7) 井上諭：航空路管制業務における管制官のヒューマンモデルに関する研究, 東京大学大学院博士論文, 2006.
- (8) 青山久枝・塩見格一・飯田裕康：管制パフォーマンスの評価指標の確立,「航空管制のヒューマンファクタ」シンポジウム, 東京大学, 2008.
- (9) 東京湾海上交通センター：東京湾海上交通センターリーフレット(PDF),
<https://www6.kaiho.mlit.go.jp/tokyowan/topics/leaflet.pdf>,2019.1.
- (10) 日本海難防止協会：[特集]東京湾海上交通管制の一元化運用開始(PDF),海と安全 No.575,
http://www.nikkaibo.or.jp/pdf/575_2017.pdf,2019.1.
- (11) 竹井機器工業株式会社：トークアイライトカタログ,
<http://www.takei-si.co.jp/pdf/TalkEye%20Lite.pdf>,2019.1.