

安全・安心かつ効率的な航空管制業務に向けたHI設計ガイドラインの開発

池上 輝哉 片岡 久直

要 旨

航空管制システムは、航空機の安全かつ効率的な運航を支える航空管制官に対して、さまざまな航空情報を与えるものであり、社会インフラを支える重要なシステムです。航空管制システムを安全・安心に運用するための重要な要件の1つに、ユーザーにとっての使いやすさがあります。我々は、航空管制システムのヒューマンインターフェース (HI) 統一に向けたHI設計ガイドラインを開発し、要件定義や画面設計に活用することで、安全・安心かつ効率的な業務遂行を支援するシステム設計につなげてきました。本稿では、本ガイドライン開発の取り組みについて紹介します。



航空管制／ヒューマンインターフェース／ガイドライン

1. はじめに

近年、航空機の需要は人々の効率的な移動や物流の手段として増加の一途をたどっており、社会生活になくてはならないものになっています。航空管制システムは、この航空機が安全かつ効率的な運航を行うために、航空管制官に対してさまざまな航空情報を提供するシステムの総称であり、社会インフラを支える重要なシステムの1つです。

航空管制システムを安全・安心に効率よく運用するためには、管制官を含む運用者にとっての使いやすさ（ユーザビリティ）が重要になってきています。NECではヒューマンインターフェース (HI) 設計ガイドラインを開発し、安全・安心かつ効率的な業務遂行を支援するシステム開発の基盤としています。本稿では、航空管制システムを概説した後、HI 設計ガイドライン開発の取り組みについて紹介します。

2. 航空管制システムの概要

昨今は航空管制官の仕事が映画やドラマなどで取り上げられる機会が多くなり、その仕事の内容が世間一般にも広く知られるようになりました。それらを通じても分かるように、航空機を安全に誘導するために、航空管制官は常に数

多くの情報を扱い、状況判断を行っています。

一般に「航空管制システム」と聞くと、航空管制官がレーダ画面に映る機影を見つめながらパイロットにさまざまな指示を出す「レーダ管制卓」などが想起されますが、航空機の現在位置や高度だけでなく、出発地から目的地までの飛行計画に基づき、経路上の気象条件や混雑状況、更には滑走路の工事予定に至るまで、実にさまざまな情報がシステムによって処理され、随時、管制官に提供されます。これらを提供する情報処理システムや、航空機を捕捉するレーダなどの総称が「航空管制システム」であり、一部の保守業務を除き、全て国土交通省の職員が運用しています。

航空管制システムの運用者としては、航空管制官の他、航空情報の管理や関係機関との調整を行う「航空管制運航情報官」や、レーダやコンピュータの運転監視や保守を行う「航空管制技術官」などが、日夜、航空機の安全な運航を支えています。

年々増加の一途をたどる航空需要に対応するため、航空管制システムには段階的に多くの機能やシステムが追加されています。その一方で運用者には、複雑で高機能なシステムを理解したうえで、万が一のトラブル時には瞬時に状況を分析し、最適な判断を行うことが求められています。

したがって近年では、システムが提供する情報には、従来

要求されている「正確さ」や「即時性」に加えて、その情報を基に運用者が次に取るべき行動を瞬時に判断するために必要な「視認性」や「可読性」など、ユーザビリティに関する要求が重要性を増してきています。

3. HI設計ガイドラインの開発

システムの使いやすさを高めるには、そのシステムを介してユーザーに提供する表示・操作が統一されていることが重要となります。統一的なHIにより、表示や操作に対する誤解から生じるエラーを無くすとともに、操作に対するユーザーの理解を促進させることができます。

我々は、航空管制システムのHI統一に向けた設計ガイドラインの開発を行いました。これにより、システムの使いやすさを向上し、より安全・安心な航空運用を実現するとともに、画面設計時の手戻りなどのリスクを削減し、開発効率の向上につなげています。以下、本ガイドラインの構成概要及び開発プロセスについて説明します。

3.1 ガイドライン構成と開発プロセス

本ガイドラインは大きく「設計原則」と「画面設計標準」という、2つの文書により構成されています（図1）。

前者は、目指すべき航空管制システムとしての目標やそのための施策・原則をまとめたもので、顧客を含めシステム設計・運用にかかるプレーヤー全員で共有すべき事項を記載しています。

後者は、この施策・原則を画面設計や操作方法に関する規約として具体化したもので、主に画面設計を行う開発者が参照すべき事項を記載しています。

例えば開発者が、画面設計標準の記載事項の理由や効果を確認したい場合や新たな事項を追記したい場合などに、設計原則に立ち戻ることで、背景にある意図や根拠を

理解できるとともに、前提となる目標や原則に沿った画面設計標準の改版が可能になります。

ガイドライン開発にあたり、まず設計原則を定め、これを画面設計標準まで落とし込むために、多様な現行システムを横断的に分析しました。システム分析により、改善余地のある個所や統一すべき共通要素を抽出し、共通要素ごとのルールを定めています。これにより、全ての画面を単純に均一化するのではなく、画面ごとの作業の重要性や頻度などを考慮して、それぞれに応じた最適なルールを規定できるようになります。結果としてシステム全体のユーザビリティを高めることができます。

このように、真に使いやすいシステムを構築するには、ユーザーやユーザーが行う業務の特性を考慮することが非常に重要となります。よって今回、業務形態や現行システムに詳しい開発者と、ユーザビリティやHI設計の専門家である研究者の協働により、ガイドライン開発を進めました。

3.2 設計原則

第2章でも述べたように、航空管制システムには高い信頼性と効率性が求められています。本ガイドラインでも、安全・安心かつ効率的な業務遂行の支援に向けたHI統一の基本的な考え方や方策、画面設計にあたっての原則をまとめています。

航空管制業務においては、ユーザーの知覚や判断のミスがスケジュール遅延やコンフリクト発生などを引き起こし、多大な損害を利用客に与えてしまう恐れがあります。我々は、プラント運用における組織的なエラー対策¹⁾や人間の知覚・認知の観点からのエラー分類²⁾を基に、一般的なユーザビリティ向上のための方策³⁾や研究所で培ったノウハウを対応づけてまとめることで、致命的なエラーを防止するための基本的な方針を決定しました。

また、表示・操作に対する直感性を向上させることも考慮に入っています。ユーザーは、ディスプレイ上に表示されたさまざまな情報を視覚情報として知覚し、理解・判断を行い、次の目標を立て、デバイスを用いて操作することにより業務を進めています。例えば图形の捉え方や視線の流れ、色の感じ方など、人間が情報を認知する場合に、大半の人間に共通する特性がいくつかあり、この特性をうまく利用することで、より直感的で分かりやすいHIを実現することができます。本ガイドラインでは、人間の認知特性とこれを考慮した方策を記載し、前述のエラー防止のための基本方針とまとめ



図1 航空管制システム向けHI設計ガイドライン構成

ることで、ヒューマンエラーを防止し、かつ直感的な表示と操作性を提供するためのHIの設計原則を作成しました。

3.3 現行システムの分析

設計原則により大きな方針や原則を定めましたが、抽象的なため、これだけでは具体的な画面や操作を設計することは困難です。このため、より詳細なルールが必要となりますが、適切な規約を定めるには、より詳しく対象業務やユーザーの特性を知ることが重要になります。

このため、現行の航空管制システムや次期システムとして検討中のプロトタイプなど、HI統一のターゲットとなる各種業務画面を対象に横断的な分析を実施しました。

(1) 利用の状況や要件の明確化

どのような環境（端末機材、照明など）で、どのような人（業務への熟練度、年代など）が、どのような業務（専門性、多様性など）のために使用するのかについて、業務知識に詳しい開発者との協議により明確化しました。目指すべきHI設計の在り方や具体化を進めるにあたっての大前提を明文化することで、本ガイドラインの開発に直接携わっていない人間も確認・共有できるものとしています。

(2) ユーザビリティ上の問題点抽出

実際の画面やマニュアル、既存の設計標準を対象に、ユーザビリティの観点からの分析を実施しました。前述の設計原則や一般的な規約を考慮し、適切でないと考えられる個所や、横断的に見た場合に表示や操作方法にばらつきがある個所を抽出し、それぞれ改善案を作成しました。

抽出した問題点や改善案については、人間工学に関する知見や研究所で開発したユーザビリティを定量化するチェックリスト⁴⁾などを用いて、その理由や効果を客観的に示し、開発者との協議を行いました。協議の際には、抽出個所について業務上の理由からあえて特殊な表示・操作としているのか、当時の開発上の都合によるものなどの設計意図や各画面での詳細な作業内容について確認し、改善や共通化の是非を決定しました。

(3) 共通要素の抽出・分類

航空管制業務において、ユーザーはさまざまな作業遂行のために多様な画面を参照し、操作を実行することになります。各画面での作業内容や重要性、利用頻度

などを考慮せずに全てを統一した場合、かえって使いづらくなる恐れがあるため、各画面での作業内容の特性を考慮した画面分類を行い、個々に共通ルールを定めることが重要となります。

我々は、開発者との協議やシステム分析を通して得た、対象システムにおける共通的な作業内容を基に、共通的なルールを定める範囲（画面）を分類したうえで、画面分類ごとのルールを検討しました。例えば、「データ入力操作」や「項目絞り込み操作」「情報参照」など、代表的な画面（作業）ごとに最適なレイアウトや操作、遷移についてのルールを規定しています。

なお、作業内容が異なる場合でも、例えば項目選択の操作や誤操作時の通知など、画面を構成する部品や表現方法などのよりプリミティブな要素については、システムを通して適用する共通ルールとして規定しています。

3.4 画面設計標準の開発

前述の現行分析を基に、設計原則を更に具体化した画面設計標準を構築しました。画面分類ごとに、語句表現やレイアウト、操作の流れや禁止事項などを規定しています。図2に示す例は、最も基本的なデータ入力用のポップアップウィンドウに関する規約を記載したものです。他にデータ参照用や情報の検索（絞り込み）用などのウィンドウを異なる画面分類とし、それぞれに規約を規定しています。

また、システム全体を通して適用する共通ルールとして、各種部品や表現の利用方法・用途や禁止事項に加え、具体的な利用イメージを記載しています。共通的な部品の使用方法について、例えば、選択肢から項目を選択するための部

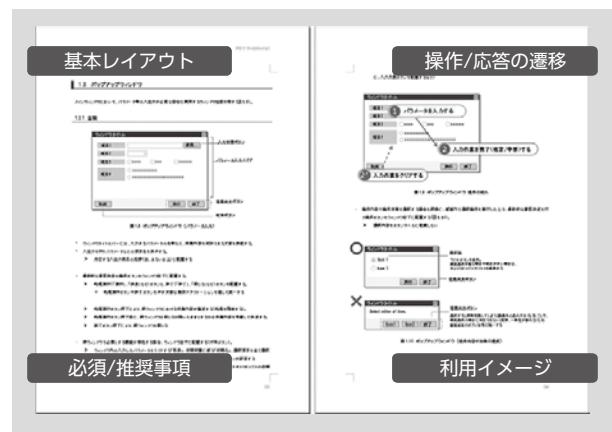


図2 画面設計標準例（ポップアップウィンドウ）

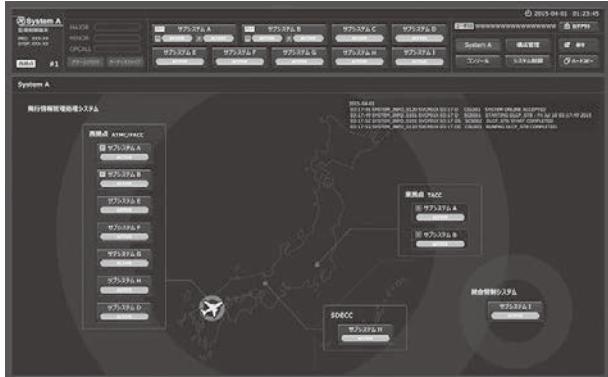


図3 ガイドライン適用例（統合監視画面）

品にも、メニュー・タブ、リスト、ラジオボタンなど複数存在するため、どのようなシーンで、どの部品を使用するのかといった用途（部品選定の基準）を記載することが重要になります。これに加えて各部品の使用時の留意事項や禁止事項と、具体的な利用イメージを示すことで、画面設計者が適切な部品を、適切に使用できるようになります。

図3に、本ガイドラインの適用例として、システム全体の稼働状況を統合的に監視するための画面案を示します。大規模なシステム障害が発生した際、障害の影響範囲と、遠隔にあるバックアップシステムへの切り替えが可能かを、運用者が直感的に把握できるように、情報配置や表現を決定しています。ガイドラインで定めた配色表現や部品利用のルールを順守したうえで、想定業務やユーザーを考慮した設計を行うことで、障害対処時の迅速な意思決定を最大限に支援できるシステムを実現しています。

4. おわりに

本稿では、航空管制システムのHI統一化に向けたガイドラインの開発について紹介しました。本ガイドラインを適用することにより、航空管制システムに関わるさまざまな場面で価値を提供できたと考えています。

航空管制業務に携わるかたにとって、航空管制システム全体を通して統一された直感的な表示や操作方法により、無用な誤解が無くなり、結果、ヒューマンエラーを防止することができるとともに、操作に対する習熟期間を短縮できることが期待できます。これは単一業務に閉じたものではなく、統一化の対象となるシステム全体に波及すると考えられ

ます。また、システムの要件定義や開発に携わるかたにとって、上流で具体的な標準を定め、顧客と合意できたことにより、画面設計の品質を制御しやすくなり、その結果手戻りを減らすことができます。

我々が最初にガイドライン開発に着手してから既に数年が経過していますが、多様な航空管制システムへの適用を継続的に行なながら、業務への適合性を向上させるようにガイドライン自身も改版を進めています。今後も、更なる改良を進め、より安全・安心な航空交通の実現に貢献していきたいと考えています。

参考文献

- 1) 河野龍太郎、東京電力（株）技術開発研究所ヒューマンファクターグループ：ヒューマンエラーを防ぐ技術、日本能率協会マネジメントセンター、2006.9
- 2) 橋本邦衛：ヒューマンエラーと安全設計—大脳生理学からの提言、人間工学 Vol.17 (4), 1981.8
- 3) Jacob Nielsen : Usability Engineering, Academic Press Inc., 1993.9
- 4) 池上輝哉ほか：ユーザビリティ定量化手法の構築～客観的評価のためのチェックリストと支援ツールの開発、ヒューマンインターフェース学会論文誌 Vol.14 No.1, 2012.2

執筆者プロフィール

池上 輝哉

情報・ナレッジ研究所
主任研究員
ヒューマンインターフェース学会会員
日本人間工学会 認定人間工学専門家

片岡 久直

航空交通ソリューション事業部
シニアマネージャー

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただきありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.66 No.3 社会価値の創造に貢献するソーシャルバリューデザイン特集

社会価値の創造に貢献するソーシャルバリューデザイン特集によせて
NECグループにおけるソーシャルバリューデザインの取り組み
特別寄稿：イノベーションを生み出すデザイン思考と社会環境を考慮した人間中心設計

◇ 特集論文

ソーシャルバリューデザインを実現するための技術・手法・プロセス
イノベーションを創出するソーシャルバリューデザイン
社会ソリューションの開発に向けたコラボレーティブUXデザイン手法
よりよいユーザー体験の実現に向けた開発者のための支援方式
大規模システム開発向けのUX向上フレームワーク
アジャイル開発を活用した人間中心設計実践

ソーシャルエクスペリエンス事例

アルゼンチン共和国ティグレ市の2030年ビジョン共創プロジェクト
社会・環境の改善を目指す節電行動促進システム
高齢社会のコミュニティづくりに向けた質的調査と実証実験
デザイン思考を用いたクラウドサービス基盤「Smart Mobile Cloud (SMC)」の企画・開発
社会インフラとしてのコンビニATMの取り組み
通信ネットワークの確実かつ効率的な運用に向けたUI標準化活動
安全・安心かつ効率的な航空管制業務に向けたHI設計ガイドラインの開発
ヒューマンエラー低減のための配色評価方式の開発と適用

ユーザーエクスペリエンス事例

スマートデバイスアプリケーション開発における人間中心設計活動
人間中心設計による量販店向けPOSシステム「DCMSTORE-POS」の開発
産業機械における人間中心設計の適用
使いやすいサービスステーション向けセルフ注文機のUI開発
ソーシャルバリューデザインを適用したビジネス多機能電話機の開発
NECグループのウェブアクセシビリティへの取り組み

NECのソーシャルバリューデザインの取り組み

ソーシャルバリューデザインの全社推進活動



Vol.66 No.3
(2014年3月)

特集TOP