

# 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

池上 輝哉 谷川 由紀子

## 要旨

近年、業務システムではヒューマンエラーへの対策の重要性はより高くなっています。特に航空・宇宙や医療など、高い安全性や信頼性が求められる社会ソリューションでは、最も考慮すべき重要課題となっています。我々は、今回、ヒューマンエラー低減に向けた配色評価方式を開発し、航空管制画面に適用しました。本方式は、画面配色においてエラー低減に有効な3要件（調和の度合い、重要な情報の目立ちやすさ、目の疲れにくさ）と、配色が利用者を与える負荷をそれぞれ数値化するものであり、数値を基に配色の最適化を可能とします。本稿では、この配色評価方式及び実案件への適用事例について紹介します。



ヒューマンエラー／配色／調和／誘目性／疲れにくさ／負荷

## 1. はじめに

近年業務システムでは、作業の正確性の低下が時として甚大な損害を招く恐れがあるため、ヒューマンエラーへの対策の重要性はより高くなっています。特に航空・宇宙、自動車、医療などでは、社会インフラを支えるソリューションとして高い安全性や信頼性を実現するため、継続的にさまざまな取り組みがなされています。例えば、オペレータの教育や訓練、2人組での作業の徹底といった組織的な対策や、自動・自律化やエラーチェック、冗長化などのシステムによる対策が挙げられます<sup>1)</sup>。そのようななかで、人間に関わるリ

スク低減がボトルネックになる恐れが高いと考えられます。

我々は、社会ソリューション全般の更なる安全性向上のため、システムのヒューマンインタフェース (HI) 設計において、ヒューマンエラーを軽減させる要件の探索や評価方式の開発を進めています。本稿では、今回開発した、見落としや見間違いなどのヒューマンエラー低減に有効な配色評価方式と、実案件への適用事例について紹介します。

## 2. 配色評価方式のターゲット

### 2.1 情報を受け取る際に発生するヒューマンエラー

エラーはさまざまな場面で発生しますが、人間の情報処理過程 (図1) を基に考えると以下のように大別されます<sup>2)</sup>。

#### a) 入力エラー

外界から情報を受け取る時、見落としや見間違いなどにより、勘違いや対処遅れを引き起こしてしまう。

#### b) 媒介エラー

受け取った情報を基に目標を立てるとき、知識や経験不足、思い込みなどにより、誤った判断を下してしまう。

#### c) 出力エラー

目標に従って行動を起こすとき、目標設定は適切だが、不注意やスキル不足により誤った行動を取ってしまう。

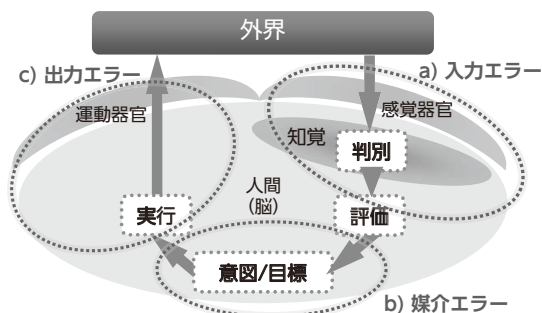


図1 人間の情報処理過程

いずれのエラーも重要な事故を引き起こす恐れがあり、その発生確率を少しでも低減させることが求められますが、エラーの低減が特に重要となる業務ではオペレータの教育や訓練、安全装置の設置など、考え得るかぎりの対策は施されています。しかし、例えば航空管制や医療などの分野では、業務要件上、多くの情報をまとめて参照する必要がありますために画面上の情報が大量・複雑になってしまうことがあります。この場合、見落としや見間違いといったエラーが発生する危険性は増し、学習や訓練での低減があまり期待できないことや、一度起こしてしまうと後のエラーを引き起こす要因になることから、情報表示の分かりやすさや疲れにくさなどの観点からの対策が必要と考えました。よって今回、外界から情報を受け取る際のヒューマンエラーの低減をターゲットとした評価方式の開発を行いました。

## 2.2 エラーの低減に求められる要件

システムを操作する際に見落としや見間違いといったヒューマンエラーが発生する主要因として、画面の複雑さ・配色の不調和による情報の探しにくさ、長時間のシステム利用に伴う疲労の蓄積が挙げられます。重要な情報が探しにくい場合、ユーザーは状況把握（画面のどこを見て、何を行えばよいか判断すること）が困難になり、判断ミスや実行ミスを起こしやすくなります<sup>3)</sup>。また、ユーザーの疲労が蓄積すると、情報の知覚や適切な意思決定がより困難になります。つまり、見落としや見間違いを低減するには、複雑な画面でも「重要な情報を認識しやすくすること」と、長時間の作業環境においても「疲れにくくすること」が必要になります。

今回、我々は画面設計における重要な要素である配色に着目しました。高い表現力を持つ配色は、さまざまな用途で使用されていますが、使用時には読み取りやすさやユーザーの文化・慣習との適合性などの要件を併せて考慮する必要があります。このため、複雑な画面上で適切な配色を設計することは困難になり、使い方を誤ると重要な情報が認識しづらくなってしまったり、目が疲れやすくなってしまったりする恐れが高くなると考えたためです。

## 3. 配色評価方式の開発

今回開発した配色評価方式は、画面の配色においてエラー低減に有効な3要件である「調和の度合い」「重要な情報の目立ちやすさ」「目の疲れにくさ」と、画面の配色が

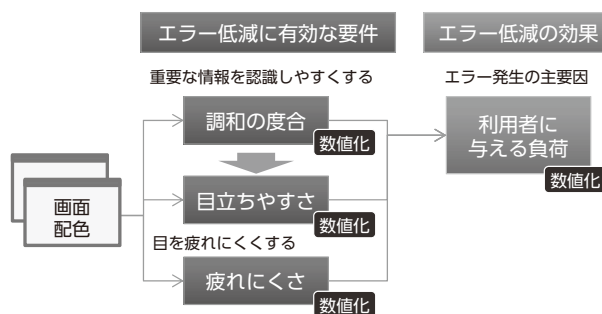


図2 配色評価方式概要

「利用者に与える負荷」を数値化します（図2）。

従来、主観によって判断していた要件を数値化し、数値を基に画面の配色を最適化する手順を整備したことで、多くの要件を満たす配色をシステムティックに決定可能となります。本手法では、画面全体の配色の「調和」を取ったうえで、「重要な情報の目立ちやすさ」を高めることによって、重要な情報をより素早く確実に把握可能にします。また、隣接する配色の組み合わせを視覚に刺激の少ない「目に優しい」ものとするすることで、疲労への影響を最小限に抑制します。更に、視覚探索時のエラー発生率との相関が確認されている負荷を数値化します。人間が視覚刺激に反応し、情報を判別するまでに掛かる負荷の見える化により、実証が困難であるエラー低減の効果を確認可能とします。

以下、各要件及び負荷について概説します。

### 3.1 調和の度合い

画面の背景色の色相またはトーンの分布から基調となる色を算出し、それを基に配色が統一されているかを評価可能とします<sup>4)</sup>。画面背景の色相あるいはトーンが規定の範囲よりも分散していると、大半のユーザーが不調和と感じるなど、これまで我々が蓄積してきたノウハウを用いて判定式を構築しています。調和の取れた配色とすることで、落ち着きや美しさを感じる印象の良い画面になるとともに、画面上で目立たせるべき情報がより目立つ下地を作ることができます。

### 3.2 目立ちやすさ（誘目度）

画面上の各情報の目立ちやすさを数値化し、重要な情報が他と比べて目立っているかを評価可能とします。対象物の視覚的な注意の引きやすさ、目立ちやすさを「誘目性」と呼びます。単体での誘目性（特徴）と、他と比較したときの誘

目性（異質性）で構成されるもので、誘目性の程度を数値化したものを「誘目度」と呼びます。我々は主に画像処理分野における既存研究をベースに、画面評価への応用のための検証実験を継続的に実施し、画面上の各情報の誘目度を算出する方式を開発しました<sup>5)</sup>。各情報の目立ちやすさ（誘目性）のバランスに配慮することで、重要な情報をユーザーが見つけやすくなり、作業を円滑に進めることができます。

### 3.3 疲れにくさ

隣接する背景色の組み合わせは目が疲れにくいものになっているか否かを、数値化して評価可能とします<sup>4)</sup>。色相、明度、彩度のいずれかが極端に異なる2色が隣接している場合に、目が疲れやすくなるという生理現象が起こりやすくなると考え、これまで我々が蓄積してきたノウハウを用いて判定式を構築しています。目が疲れにくい配色とすることで、色による目の疲れへの影響を最小限に抑制することができます。

### 3.4 負荷

視覚刺激（配色）により人が、どの程度の負荷（負担）を受けたと感じるかを操作ステップごとに数値化します。人は外的要因により負荷を受けると負担を感じ、負担が溜まると疲労状態になります。負荷（負担）や疲労により集中力が欠き、エラーを起こしやすくなります。我々は、精神的作業負荷の主観的評価尺度である「NASA-TLX」<sup>6)</sup>を活用した検証実験を継続的に実施し、画面上の配色がユーザーに与える負荷を算出する方式を開発しました<sup>7)</sup>。本方式により、操作ステップごとの負荷を数値化することで、極端に負荷が高くなるステップや負荷が急増するステップなどエラーが発生しやすくなるステップの有無を確認することができます。

なお、目立ちやすさや負荷を数値化する方式構築のための検証実験は、全てヒューマンインタフェース学会倫理規定に準拠し、設計・実施しています。

## 4. 航空管制画面への適用

今回、この配色評価方式を航空管制システムの画面に適用し、改善提案を行いました。現行の航空管制画面では、黒の背景の上に航空機の種別を示す3種の色（黄、緑、水）の他に、航空機の接近状態を示す警告（赤）や航空機のルートや地図情報（橙）など、多様な情報を表現するため、多くの色が使用されています。

目立ちやすさ

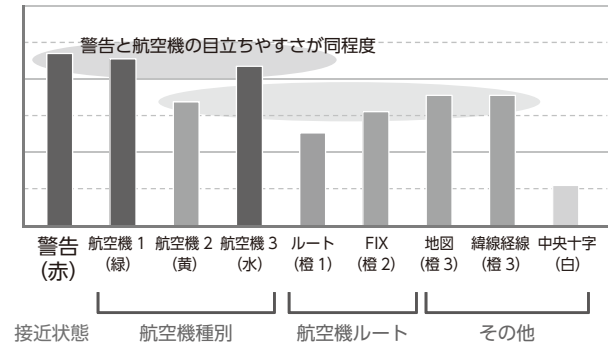


図3 各要素の目立ちやすさ（現行）

目立ちやすさ

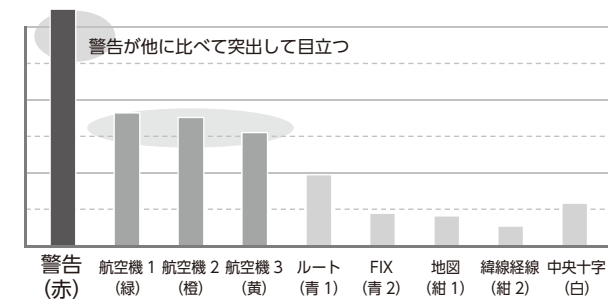


図4 各要素の目立ちやすさ（改善案）

管制官は同画面を常時見ながらさまざまな業務を遂行していきますが、なかでも航空機同士の接近を事前に抑止し、もし発生した場合は素早く対処する必要があります。このため、接近状態を示す警告は、他に比べて目立つことが望まれます。しかし、現行画面では一見して画面上のどの部分が重要か分かりにくくなっています。

同画面に対し、本方式を用いて各要素の目立ちやすさを算出した結果を図3に示します。グラフでは業務上の重要度が高いと考えられる要素ほど左に配置していますが、最も重要な警告（赤）が、一部の航空機（緑、水）と同程度にしか目立っていないことが確認できます。

この結果を基に、情報の重要度に応じて適切な目立ちやすさになるような改善案を作成しました。図4に改善案における目立ちやすさのグラフ、図5に航空管制画面例を示します。最も重要な警告が突出して目立ち、それに次いで他航空機が同じ程度に目立つようにしています。また、各航空機を判別しやすくすることや、調和や疲れにくさを考慮した背景とすること、テキストが十分なコントラストを持つようにす



図5 航空管制画面（改善案）

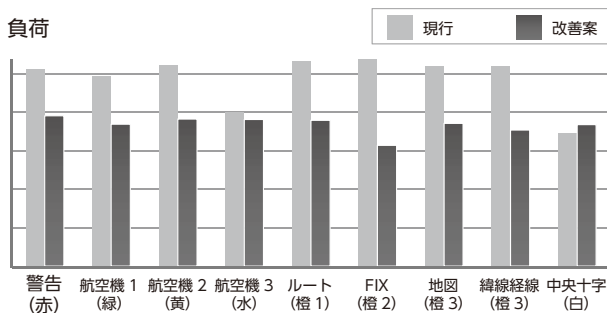


図6 負荷の比較評価結果（要素別）

ることも併せて考慮しています。

次に、現行画面と改善案において、各要素を探索する際に掛かる負荷について比較評価を行った結果を図6に示します。配色の改善により、ほぼ全ての要素で探索時の負荷を大幅に抑制できる（平均21.6%減、最大41.7%減）ことを確認しました。

以上のように、実際の画面設計の場において本方式を活用し、改善案を作成するとともにその根拠（要件）や効果（負荷）を客観的に示すことで、より業務に適した画面配色設計を支援しています。

## 5. おわりに

今回、エラー低減に向けた配色評価方式の概要及び適用事例についてご紹介しました。今後も本方式を、わずか

な操作ミスも許されない医療や航空管制などの分野に適用し、ヒューマンエラーを起しにくいシステム開発に役立てていきます。また、本方式の更なる精度向上を進め、幅広い分野において有効性を検証し、より安心・安全なシステム開発を行っていきます。

### 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, 2006.3
- 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), pp.149-156, 1981.8
- 3) AIRBUS: Enhancing Situational Awareness [http://www.airbus.com/fileadmin/media\\_gallery/files/safety\\_library\\_items/AirbusSafetyLib\\_-FLT\\_OPS-HUM\\_PER-SEQ06.pdf](http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/safety_library_items/AirbusSafetyLib_-FLT_OPS-HUM_PER-SEQ06.pdf), (参照2014.2)
- 4) 谷川由紀子ほか: ユーザビリティに配慮した配色評価・推薦方式の提案と設計支援ツールへの適用, 情報科学技術フォーラム講演論文集 第10回, pp.523-524, 2011.8
- 5) 横溝あずさほか: 情報の目立ちやすさの定量化(1)～色による誘目度モデルの構築～, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集 2013, 2013.9
- 6) 芳賀繁: NASA タスクロードインデックス日本語版の作成と試行, 鉄道総研報告, Vol.8 No.1, 1994.1
- 7) 岡城純孝ほか: 色の誘目度が視覚探索時の知覚負荷に与える影響について, 情報科学技術フォーラム講演論文集 第11回, pp.499-500, 2012.8

### 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  
ヒューマンインタフェース学会会員  
日本人間工学会 認定人間工学専門家

#### 谷川 由紀子

情報・ナレッジ研究所  
主任研究員  
情報処理学会会員

### 関連 URL

NEC、ヒューマンエラー低減に有効な配色評価方式を開発

[http://jpn.nec.com/press/201309/20130910\\_02.html](http://jpn.nec.com/press/201309/20130910_02.html)



# NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧ください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