

博士論文

プラント運転制御システムにおける
グラフィック画面設計に関する研究

馬場 一嘉

2011年 3月 1日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士(工学)授与の要件として提出した博士論文である。

馬場 一嘉

審査委員：

西谷 紘一 教授（主指導教員）

松本 健一 教授（副指導教員）

野田 賢 准教授（副指導教員）

プラント運転制御システムにおける グラフィック画面設計に関する研究*

馬場 一嘉

内容梗概

化学や石油精製などのプラントの運転には DCS (Distributed Control System) と呼ばれる運転制御システムが用いられている。DCS にはユーザーが自由にカスタマイズして描画できる「グラフィック画面」と呼ばれる種類の画面があり、コンピュータシステムとしての DCS の機能向上に伴って高密度で高精細の描画が可能となったが、DCS ユーザーの使用するグラフィック画面について業界標準化などの動きはなく、各社の描画仕様は DCS 導入当時のままで、あまり変化していない状況にある。

本研究では、まず、国内 29 社のグラフィック画面の仕様や管理状況についてアンケート調査を実施し、各社に共通する問題点をクローズアップした。そして、その実態を踏まえたうえで、ヒューマンファクターの視点から種々の検討を行い、最終的にグラフィック画面の描画仕様に関する 21 項目についての標準化案を作成した。

続いて、この標準化案が実際にプラントを運転するオペレータに受け入れられるものであるかを、50 名のオペレータ経験者を対象として調査した。その結果、提案する標準化案は、ほぼ全ての項目で賛同が得られ、妥当であることが検証された。

その他に、非定常運転操作やアラーム対応操作など、プラントを運転監視するうえで必要となるグラフィック画面について、あるべき仕様の研究を実施した。

本研究の成果は、DCS のユーザー各社が画面を作成する際に十分に参考となるものであり、提案する描画仕様の標準化案が今後各社に採用されていくことで、プラント運転の効率化と安全性を高めることに貢献するものと期待される。

キーワード

プラントオペレーション、DCS、グラフィック画面、標準化、設計基準

*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻博士論文

NAIST-IS-DD-0761206, 2011 年 3 月 1 日

Study on Graphic Design for Plant Operation

Kazuyoshi Baba

Abstract

Since the inception of distributed control systems (DCSs), their functions have greatly improved, such as the capability of drawing precise graphics using thousands of colors. Customers can freely create graphics, in order to show information for operating a plant. As of now, no engineering standard has been set for the design rules of graphics.

Design standards for graphics are proposed in this study, on the basis of the result of a survey of chemical and petrochemical companies in Japan on the specifications and ways of managing graphics.

Next, in order to confirm that the proposed design standards are acceptable, an experimental survey of 50 plant operators was conducted. The results showed that the proposed design standards are appropriate for almost all of the 21 design features.

Furthermore, drawing specifications for the graphics, used especially for non-steady-state and alarm handling operations, are examined.

The results of this study will help engineers provide effective and easy to operate graphical user interfaces, and the proposed design standards for graphics will enhance the efficiency and safety of the plants.

Keywords:

Plant Operation, DCS, Graphics, Standardization, Design Standard

*Doctoral Dissertation, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DD-0761206, Mar 1, 2011

目 次

第1章 序言	1
第2章 研究の背景	3
2.1 DCSとその機能について	3
2.2 研究の目的と意義	6
2.3 先行文献の調査結果	7
第3章 グラフィック画面の現状に関する調査と解析	10
3.1 アンケート調査の設問と結果	10
3.1.1 使用中のDCSについて	11
3.1.2 グラフィック画面の作成者とメンテナンス実施者 および改造方法	12
3.1.3 DCSグラフィック画面の作成基準の有無	14
3.1.4 統一指針の導入に対する意見	15
3.1.5 DCSグラフィック画面の描き方のルール	16
3.1.6 画面切替えの方法	21
3.1.7 アラームの認知方法について	22
3.1.8 グラフィック画面の管理および変更手順	22
3.1.9 グラフィック画面のチェック方法および精度	23
3.2 アンケート調査結果に関する考察	23
3.2.1 グラフィック画面の統一基準について	23
3.2.2 赤の使い方	25
3.2.3 グラフィック画面での描画要素の使用色や描き方について	26
3.2.4 プロセスラインの描き方	30
3.2.5 静止機器の色	34
3.2.6 背景色	35
3.2.7 画面の密度	35
3.2.8 画面切り替え手段	36
3.3 まとめ	38

第4章 グラフィック画面の基本要素の仕様についての検討	40
4.1 使用記号に関する検討	40
4.2 色使いに関する検討	40
4.2.1 背景色	41
4.2.2 ポンプや電動機の色	42
4.2.3 流体のラインの色	42
4.2.4 調節弁や遠隔弁の色	44
4.2.5 静止機器の色	45
4.2.6 センサと計装線の色	46
4.2.7 数値表示の色と表示方法	48
4.2.8 色の使い方についてのまとめ	49
4.3 制御系の描き方に関する検討	50
4.4 描画要素の配置に関する検討	52
4.5 その他の要素の描き方についての検討	55
4.5.1 アラーム状態の表示	55
4.5.2 ラインの描き方	57
4.5.3 制御ループの状態表示	60
4.5.4 固定文字の表示	61
4.5.5 液面バー表示	62
4.6 画面構成と画面間の移動に関する検討	63
4.7 グラフィック画面についての提唱するの描画仕様	65
4.8 まとめ	69
第5章 グラフィック画面のオペレータによる評価	70
5.1 オペレータによる評価の実施方法	70
5.2 オペレータによる評価結果と考察	71
5.2.1 ポンプ運転中の色	71
5.2.2 ポンプ停止中の色	72
5.2.3 調節弁の開の色	74
5.2.4 調節弁の閉の色	76
5.2.5 プロセス流体の色	77

5.2.6	ラインの色変化の有無	78
5.2.7	ラインの太さの使い分け	79
5.2.8	計装ラインの有無	80
5.2.9	計器ステータス表示の有無	82
5.2.10	静止機器の塗り潰し	83
5.2.11	静止機器の色	84
5.2.12	静止機器のグラデーション	85
5.2.13	画面切り替え手段	86
5.2.14	背景色	87
5.2.15	ラインの配置	89
5.2.16	ポンプ等の機器の配置	90
5.3	結果の評価	91
5.4	年齢および経験年数による回答の差異	93
5.5	まとめ	95
第6章	グラフィック画面に付加すべき情報についての考察	96
6.1	アラーム管理に関する情報の取り扱い	96
6.2	非定常状態の表示に関する情報の取り扱い	98
6.3	時間的変化に関する情報の取り扱い	99
6.4	定常状態からのずれに関する情報の取り扱い	101
6.5	進捗管理に関する情報の取り扱い	104
6.6	運転支援に関する情報の取り扱い	105
6.7	運転管理者向けの情報の取扱い	106
6.8	まとめ	106
第7章	プラントの安全に関わるグラフィック画面設計の手法	108
7.1	誤認識防止に関する手法	108
7.2	誤判断防止に関する手法	110
7.3	誤操作防止に関する手法	111
7.4	手順の抜け防止に関する手法	112
7.5	忘れ防止に関する手法	113

7.6	まとめ	114
第8章	グラフィック画面の設計と管理の手法に関する考察	115
8.1	初期設計の手法に関する考察	115
8.2	設計変更の手法に関する考察	116
8.3	動作確認の手法に関する考察	117
8.4	変更管理に関する考察	118
8.5	まとめ	119
第9章	結言	121
	謝辞	
	参考文献	
	付録	
付録A	グラフィック画面設計に関するアンケート調査結果	127
付録B	グラフィック画面のオペレータによる評価のための設問	166
付録C	グラフィック画面のオペレータによる評価に関連したコメント	173
	研究業績	

図目次

図2.1	DCSを用いた運転の風景	3
図2.2	グラフィック画面の例	5
図3.1	DCSの導入時期についての回答分布	11
図3.2	グラフィック画面の使用状況	12
図3.3	プラント建設時のDCSグラフィック画面作成者	13
図3.4	グラフィック画面メンテナンス時の担当者	13
図3.5	グラフィック画面に関する統一基準の有無	15
図3.6	グラフィック画面に関するルールの制定状況	15
図3.7	グラフィック画面における赤の使用状況	16
図3.8	ポンプや電動機の運転中および停止中の色	17
図3.9	調節弁の開閉状態についての表示方法	27
図3.10	種々の形式での遠隔弁の描き方の例	30
図3.11	ラインの色変り条件の記述方法	33
図3.12	接続する工程への画面切り換え方法の推奨例	38
図4.1	グラフィック画面における図記号の例	40
図4.2	調節弁の描き方の例	45
図4.3	静止機器の描き方の例	46
図4.4	計装線の描き方の例	47
図4.5	計装線の取り出し方の例	48
図4.6	グラフィック画面における数値表示の例	49
図4.7	調節計の円記号の例	51
図4.8	機器の配置を考慮して描いたグラフィック画面の例	54
図4.9	左右対称性を考慮して描いたグラフィック画面の例	55
図4.10	数値表示についてのアラーム発生時の表示の例	57
図4.11	ラインの交差を減らして描ける例	58
図4.12	ラインが2回交差してねじれて見える例	59
図4.13	ライン間隔を揃えた描き方の例	59
図4.14	ラインを延長上に揃えた描き方の例	59
図4.15	制御ループの状態の表示例	61
図4.16	制御ループの状態を表す図記号の例	61

図4.17	液面バー表示の例	63
図4.18	液面バーにトレンドを併記する例	63
図5.1	運転中のポンプの色についての設問	71
図5.2	運転中のポンプの色についての回答分布	72
図5.3	運転中のポンプの色についての設問（1）	72
図5.4	停止中のポンプの色についての回答分布（1）	73
図5.5	運転中のポンプの色についての設問（2）	74
図5.6	停止中のポンプの色についての回答分布（2）	74
図5.7	調節弁の開の色についての設問	75
図5.8	調節弁の開の色についての回答分布	75
図5.9	調節弁の閉の色についての設問	76
図5.10	調節弁の開の色についての回答分布	76
図5.11	プロセス流体の色についての設問	77
図5.12	プロセスラインの色についての回答分布	78
図5.13	流れの無いラインの色変化についての設問	78
図5.14	流れの無いラインの色変化の有無についての回答分布	79
図5.15	プロセスラインの太さの違いを設けるかについての設問	80
図5.16	プロセスラインの太さの違いを設けるかについての回答分布	80
図5.17	計装ラインを描くか描かないかについての設問	81
図5.18	計装ラインの描画の有無についての回答分布	81
図5.19	計器ステータスを描くか描かないかについての設問	82
図5.20	計器ステータス表示の有無についての回答分布	83
図5.21	静止機器を塗り潰すか否かについての設問	83
図5.22	静止機器を塗り潰して描くかについての回答分布	84
図5.23	静止機器を塗り潰すか否かについての設問	84
図5.24	静止機器の塗り潰し色についての回答分布	85
図5.25	静止機器にグラデーションを用いるかについての設問	86
図5.26	静止機器のグラデーション使用についての回答分布	86
図5.27	画面の切り替え手段についての設問	87
図5.28	画面の切り換え手段についての回答分布	87
図5.29	グラフィック画面の背景色についての設問	88

図5.30	グラフィック画面の背景色についての回答分布	88
図5.31	ラインの間隔や対象性を配慮した描き方についての設問	89
図5.32	ラインの間隔や対象性への配慮についての回答分布	89
図5.33	ポンプや調節弁の配置を意識した描き方についての設問	90
図5.34	ポンプや調節弁の配置を意識した描き方についての回答分布	91
図6.1	非定常状態にあるON/OFF弁の表示例	99
図6.2	ブロック図形式によるシーケンスステップの表現	100
図6.3	タイミングチャート形式による弁開閉タイミングの表現例	100
図6.4	蒸留塔温度分布の定常状態からのずれの表現例	101
図6.5	トレンドを埋め込んだグラフィック画面の例	102
図6.6	Hollifieldらが提唱するグラフィック画面の例	103
図6.7	非定常画面運転の進捗状況表示画面の例	105
図7.1	数値表示にアラーム発生方向を併記する例	109

表目次

表3.1	ポンプや電動機の運転中および停止中の色の組合せ	17
表3.2	流体が流れている状態のラインの色についての回答分布	18
表3.3	流体が流れていないときのラインの色についての回答分布	18
表3.4	調節弁が開のときの色についての回答分布	19
表3.5	調節弁が全閉のときの色についての回答分布	19
表3.6	静止機器の色についての回答分布	21
表3.7	調節弁色変り条件の記述方法の比較	28
表3.8	遠隔弁のアンサバック信号の形態による分類	29
表3.9	JIS Z9102による配管系の表示色	31
表3.10	共通的に用いられているライン色	31
表4.1	流体が流れていないラインの色についての提案	44
表4.2	グラフィック画面における色の使用方法についての提案	50
表4.3	JIS Z8204における流量計の図記号（抜粋）	51
表4.4	ラインの交差についてのルールの例	58
表4.5	グラフィック画面の推奨する仕様（続く）	65
表4.6	グラフィック画面の推奨する仕様（続き1）	66

表4.7	グラフィック画面の推奨する仕様（続き2）	67
表4.8	グラフィック画面の推奨する仕様（続き3）	68
表5.1	グラフィック画面のオペレータ評価の結果一覧	92
表5.2	グラフィック画面のオペレータ評価の年齢別結果	93
表5.3	グラフィック画面のオペレータ評価の経験年数別の結果	94
表A.1	使用中のDCSのベンダー名と機種についての回答	128
表A.2	DCS導入当時のグラフィック画面の設計・製作方法 についての回答	129
表A.3	グラフィック画面の追加改造時の設計・製作方法 についての回答	130
表A.4	DCS画面設計へのオペレータの参画状況についての回答	131
表A.5	DCS画面変更必要箇所の抽出方法についての回答	131
表A.6	DCS画面の修正頻度についての回答	132
表A.7	DCS画面変更の承認方法についての回答	133
表A.8	オペレーションの中でのグラフィック画面の位置づけ についての回答	133
表A.9	グラフィック画面設計に関する統一基準の有無についての回答	134
表A.10	グラフィック画面設計に関する統一基準の明文化状況 についての回答	135
表A.11	グラフィック画面設計に関する統一基準の遵守状況 についての回答	136
表A.12	DCS画面設計の統一基準が遵守されるようにする仕組み についての回答	137
表A.13	グラフィック画面での使用色の考え方についての回答	137
表A.14	グラフィック画面での赤色の使い方についての回答	138
表A.15	グラフィック画面でのブリンキングの使い方についての回答	139
表A.16	グラフィック画面の密度についての考え方についての回答	140
表A.17	描画内容のオーバーラップについての考え方についての回答	141
表A.18	グラフィック画面の描画対象の重複度合いについての回答	142
表A.19	グラフィック画面のレイアウトについての回答	143
表A.20	静止機器の描き方についての回答	144

表A. 21	回転機器の描き方についての回答	145
表A. 22	回転機器の表示色についての回答	146
表A. 23	回転機器のアンサ異常時の変化色についての回答	146
表A. 24	流体のラインの描き方についての回答	147
表A. 25	流れがあるときのラインの色についての回答	148
表A. 26	流れがないことを示すラインの色についての回答	148
表A. 27	流体のラインの描き方についての回答	149
表A. 28	CV（調節弁）が開のときの色についての回答	150
表A. 29	CV（調節弁）が全閉のときの色	150
表A. 30	遠隔弁（RV）の描き方についての回答	151
表A. 31	遠隔弁（RV）が開のときの色についての回答	152
表A. 32	遠隔弁（RV）が閉のときの色	152
表A. 33	数値表示の描き方についての回答	154
表A. 34	画面の呼出し方法についての回答	155
表A. 35	DCSでのアラームの表現方法についての回答	157
表A. 36	DCS外部のオペレータインタフェースの利用状況 についての回答	158
表A. 37	DCSのアラーム忘れ防止対策の状況についての回答	159
表A. 38	グラフィック画面のチェック方法についての回答	161
表A. 39	グラフィック画面の修正ミス発生の頻度についての回答	162
表A. 40	運転開始後に発見されたDCS画面不具合の処置方法 についての回答	162
表C. 1	ポンプ運転中の色についての回答の主な意見	173
表C. 2	ポンプ停止中の色についての回答の主な意見（1）	174
表C. 3	ポンプ停止中の色についての回答の主な意見（2）	174
表C. 4	調節弁の開の色についての回答の主な意見	175
表C. 5	調節弁の閉の色についての回答の主な意見	176
表C. 6	プロセス流体のラインの色についての回答の主な意見	177
表C. 7	流体のラインの色変化についての回答の主な意見	178
表C. 8	流体ラインの太さについての回答の主な意見	179
表C. 9	計装ラインの有無についての回答の主な意見	180

表C. 10	計器ステータス表示の有無についての回答の主な意見	181
表C. 11	静止機器の塗り潰しの有無についての回答の主な意見	182
表C. 12	静止機器の塗り潰し色についての回答の主な意見	183
表C. 13	静止機器のグラデーションについての回答の主な意見	184
表C. 14	画面切替え方法についての回答の主な意見	185
表C. 15	画面背景色についての回答の主な意見	186
表C. 16	ラインの配置方法についての回答の主な意見	187
表C. 17	ポンプ等の配置についての回答の主な意見	188

第1章 序言

化学や石油精製などのプラントの運転には DCS(Distributed Control System) と呼ばれる運転制御システムが用いられている。DCS には標準機能として提供されている計器単位での操作画面やプロセス値の変化をグラフ表示するトレンド画面などがあるが、これら以外にユーザーが自由にカスタマイズして描画できる「グラフィック画面」と呼ばれる種類の画面があり、プロセスフローなどを元にして、プラントの状態をグラフィカルに表現できるようになっている。

DCS がプラント運転に使用されるようになってから 30 年が経過し、この間のコンピュータ技術の進歩とともに DCS の機能も格段に向上してきた。グラフィック画面についても近年の機種では高密度で高精細な画面を描くことが可能となっているが、グラフィック画面の描き方についての業界標準化や規格化は行われておらず、各社が独自の設計ルールを検討し、様々な仕様のグラフィック画面を作成して使用している状況のようである。

また、プラント全体にわたって精度の高いグラフィック画面を作成するには非常に多くのマンパワーを必要とするため、一旦作成されたグラフィック画面は DCS の機種を新しいものに更新することがあったとしても、古い機種のグラフィック画面を新しい機種のものに変換して使用したり、場合によっては DCS 導入当初の仕様のままで継続して使用したりしているようである。

本研究では、まず、国内 29 社の DCS で使用されているグラフィック画面の描画仕様や管理状況などについてのアンケート調査を実施し、各社に共通する問題点をクローズアップした[1]。そして、その実態を踏まえ、ヒューマンファクターの視点からの検討を行い、グラフィック画面を構成する 21 の描画項目についての仕様の標準化案を作成した。

次に、このグラフィック画面の描画仕様についての標準化案が、実際にプラントを運転するオペレータに受け入れられるものであるか否かの評価を、50 名のオペレータまたはオペレータ経験者に対して実施した。その結果、提案するグラフィック画面の描画仕様の標準化案は、ほとんど全ての項目についてオペレータの賛同が得られ、妥当なものであることが検証された[2, 3]。

そのほか、非正常運転操作やアラーム対応操作など、プラントを運転監視するう

えで重要な種々の局面で必要となるグラフィック画面についてのあるべき仕様の研究を行った。

本研究の成果は、DCS のユーザー各社にとって、自社のグラフィック画面を作成するために十分に参考となるものである。また、提案するグラフィック画面の描画仕様の標準化案が、今後、各社に採用されていくことが期待され、これにより、プラント運転の効率化および安全性向上に寄与することが可能となる。

本論文は、以下のような内容で構成される。

第 2 章では、本研究の背景および先行文献についての調査結果を示した。

第 3 章においては、グラフィック画面の現状についての調査のために実施したアンケートの結果を示して考察した。

第 4 章では、第 3 章のアンケート結果および、ヒューマンファクターの観点に基づいて、グラフィック画面のあるべき仕様について項目別に検討した結果を示した。また、第 4 章の末尾には、提案するグラフィック画面の描画仕様の標準化案について、整理して記載した。

第 5 章では、第 4 章で提案するグラフィック画面の描画仕様の標準化案が、プラントを実際に運転するオペレータに受け入れられるものであるかを調査し、その結果を評価した。

第 6 章においては、フローシートを中心とした従来からのグラフィック画面に追加して、付帯的に表現することが望ましい情報と、その表現方法について提案を行った。

第 7 章においては、プラントの安全性の観点から、グラフィック画面が具備すべき要件についての考え方をまとめた。

第 8 章においては、企業においてグラフィック画面の設計と管理を行う際の手法の問題と留意点について整理を行い、適切な管理の方法についての提案を行った。

最後の第 9 章では、結論と今後の展望についてまとめた。

第2章 研究の背景

2.1 DCS とその機能について

化学や石油精製などのプラントの制御および運転操作においては、1970年代後半から DCS（Distributed Control System＝分散制御システム）と呼ばれる制御用コンピュータが用いられるようになってきた。

DCS が多くの企業に普及し始めたのは 1980 年代からであるが、その後、現在に至るまでには、コンピュータ関連技術の発展に伴って大幅な機能の向上や高性能化が図られてきており、この間、ベンダーが発売する DCS の機種も何世代にもわたって進化を遂げてきた。[4, 5]

プラントの監視・操作を行うオペレータ（運転員）は、DCS のオペレータコンソールと呼ばれる操作卓を用いて必要な監視や操作を実施する。DCS を用いたプラント運転の風景を図 2.1 に示す。



図 2.1 DCS を用いた運転の風景[6]

1980 年代から現在に至るまでの約 30 年の間に、DCS のオペレータコンソールの機能は大幅な進化を遂げており、画面の解像度の向上、使用できる色数の

拡大、保存して表示可能な画面の枚数増大、レスポンスの向上などが実現した。また、運転操作の方法についても、キーボード中心の操作からタッチパネルの使用、さらにはマウス操作を中心としたオペレーションへと変化をしてくれている。

DCS の画面に表示する内容は、DCS ベンダーから提供される標準機能の画面のほかに、ユーザーが自由にカスタマイズして描画できる「グラフィック画面」と呼ばれる種類の GUI (Graphical User Interface) 画面が存在する。

グラフィック画面作成のためのソフトは DCS ベンダーからユーザーに提供されており、DCS のユーザー企業においては、エンジニアや場合によってはオペレータ自らが、必要とする画面を自由に設計できるようになっている。グラフィック画面には、各種形状の図形や文字を描くことができるだけでなく、プラントに設置されたセンサなどからの数値情報を表示したり、また、数値情報や ON/OFF 情報に基づいて各種の描画要素の色や形状を変化させたりすることによって状態の変化を知らせることができるようになっている。[7, 8]

DCS によるプラントの運転においては、大部分の制御動作は自動化されており、また、定常運転状態から外れたことはアラームによってオペレータに知らせるようになっている。オペレータに課せられた主な業務は、何らかの異常や変調が発生したときに、その原因を主に DCS から得られる情報をもとにして解明し、プロセスの状態を元の正常な状態に安全にできるだけ速く復帰させることが中心となる。

そのため、DCS に接続されているセンサ類の信号をプロセスの構成に関する情報と結び付けながら、プロセスの現在の状態を理解し易い形式でオペレータに知らせる必要がある。このため、プロセスフローの図を中心として、それにセンサからの信号を重ねてグラフィカルに表示させる手段として、グラフィック画面が多用される。

グラフィック画面では、通常、プラントを構成するタンクや反応器およびポンプなどの様々な機器や計器と、それらを結ぶ配管、機器や配管に設置された調節弁 (バルブ) や各種のセンサ、調節計等の計装機器などを、プロセスフローを元にして、配置や互いの位置関係が分かるようにグラフィカルに表現した絵が描かれる。

運転操作に必要な数値情報やステータス情報などは、グラフィック画面の中

に盛り込んで描かれ、オペレータは必要な判断や操作ができるようになっている。

グラフィック画面に要求される機能としては、プラントからの数多くの情報を、どの部分に関する情報であるのか、アラームが発生しているのか、関連する周辺の計器や機器、制御ループなどについて、現在の状態はどのようになっているかを、オペレータに分かりやすく視覚的に提供することにある。また、同時に必要な運転操作が迅速に行えるように設計されていることが必要となる。

DCS で使用されるグラフィック画面の例を図 2.2 に示す。

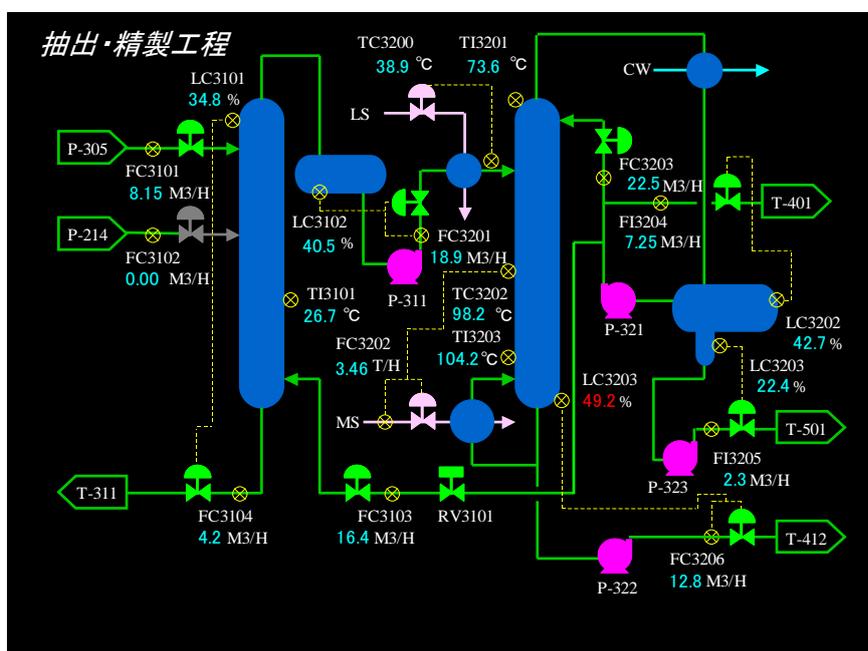


図 2.2 グラフィック画面の例

先に述べたように、DCS の機能の進化に伴い、このグラフィック画面の描画機能についても大幅な進化があり、画面の描画可能な密度も飛躍的に向上している。

しかしながら、グラフィック画面を新たに作成しなおすことは多大なマンパワーを要するため、DCS の機種を新しいものに更新した場合においても従来の機種で使用していたグラフィック画面をそのまま流用したり、新しい機種用のデータに変換して同じ機能のグラフィック画面を使用し続けたりすることが多

く、現在においても、描画機能が低い初期の DCS 機種で作成したグラフィック画面と同じ内容や機能の画面を使用し続けているというケースも少なくないと推察できる。

また、グラフィック画面の描き方については、ヒューマンファクターの観点から統一的な推奨仕様が存在してもよいのであるが、これに関する業界標準化などは行われておらず、DCS のユーザー各社が独自に様々な基準を考えて作成しているのが原状である。

そのほか、昨今では、DCS を導入することなしに、入出力および制御にはシーケンサーを用い、HMI(Human Machine Interface)として SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) と呼ばれる種類のパソコン上のソフトを用いることで、安価で手軽に DCS と同等の機能を得ると共に、高精彩で高品質のグラフィック画面を作成できるようになってきており、画面を作成する担当者の好みで自由な仕様の絵が簡単に描けるようになってきている[9]。これにより、必要以上に情報を盛り込んだ凝った画面も作成でき、逆にオペレータの集中を阻害してしまうようにもなるため、グラフィック画面が本質的に備えるべき基本的な機能は何かについても検討しておく必要がある。

2.2 研究の目的と意義

プラントの運転においては、定常監視時にプロセス全体の状態を的確に把握することが必要であるのに加え、プロセスの変調時や異常時にはその原因を短時間のうちに究明し、適切に対応を行って安定な状態にできるだけ早く復旧させる必要がある。さらに緊急時には、プラントの異常を示す多数の情報をもとに緊急度を判断して処置の優先順位付けを行い、必要な操作を迅速に間違いなく実施していく必要がある[6]。このような場合に、DCS のグラフィック画面は、必要な情報を的確に把握し、さらには必要な計器を誤ることなく呼び出して必要な操作を適切に行っていくための重要な HMI としての役割を担っている。

インターネットのホームページは見る人の注意を引くことや、人に優しいことなどを重視するのに比べ、プラント運転に用いられるグラフィック画面は必要とする情報を即座にかつ正確に把握することができ、必要な操作を行うための計器を迅速に呼び出せるという点にポイントを置いて設計を行う必要がある。

欧米におけるいくつかの化学プラントの重大事故では、DCSにおけるアラームの多発や、それに対処するためのグラフィック画面をはじめとする DCS を中心とするオペレーション機能の不備が指摘されている [10, 11]。

グラフィック画面においてもヒューマンファクターの観点から様々な考察を行い、改良が加えられるべきであり、その結果を産業界で共有し、グラフィック画面の標準的な描画仕様を定めることができれば、プラントの異常変調時のオペレータによる対処をより確実なものとすることができると考えられる。

また、近年、工場内の複数の運転操作室を 1 つにまとめ、少人数のオペレータでより広範囲の運転操作を行う大規模統合化が進んできており [12]、これに伴いオペレータは、経験年数が浅いプラントに対して的確な監視・操作を行うことが求められるようになってきている。これを支援するため、短時間で正確な情報の認知・認識が可能な高機能のプラント運転用 HMI が求められてきている。また、オペレータ 1 人あたりの守備範囲が拡大しても、少数精鋭化されたオペレータにとって、安心して運転が可能な高機能の HMI は非常に重要な位置付けとなってきた。

そのほか、プラント建設当時から運転に従事してきたオペレータが定年を迎える時期が到来し、若手への世代交代が進んできており、同時に、技術・技能の伝承が大きな問題となってきた [12]。そのため、ベテランから若手に至るまで、あらゆるスキルレベルのオペレータにとって分かり易く、情報を共有して技術伝承の支援が行えるようにするため、統一化された仕様の高機能なグラフィック画面の重要性が高まっている。

このようなニーズに応え、わが国のプラント運転の信頼性と収益向上を図るためのプラント用運転 HMI の設計技術を確立し、普及させていくことの意義は非常に大きいものとする。

2.3 先行文献の調査結果

本研究を進めるにあたり、画面設計に関する先行文献を調査した結果の概要を以下にまとめた。

日本国内における規格類として、日本工業規格 (JIS) では、色の使い方などに関して、JIS C0448「表示装置 (表示部) 及び操作機器 (操作部) のための色及び補助手段に関する規準」 [13]、JIS B9705-1「機械類の安全性 制御シス

テムの安全関連部 第1部：設計のための一般原則」[14]、JIS Z9103「安全色—一般的事項」[15]、JIS Z9102「配管系の識別表示」[16]などがある。

また、JIS C0448には附属書Cとして、すでに廃止されたJIS C0601「電気装置のとしての操作と状態の表示」の記載があり、従来の思想を知る上で参考となる。

電気関係の業界の規格を参照してみると、日本電機工業会から日本電機工業会規格として「電動機制御用操作スイッチのボタンの色別、文字並びに配列（JEM1100）[17]が発刊されているが、停止用スイッチを赤とすることなどが規定されているに過ぎない。

また、日本配電盤工業会（JSIA）では、日本配電制御システム工業会規格として「配電盤類及びその取付器具の色彩」（JSIA 117:2010）[18]を出版しているが、これも、ボタン類の色としては非常停止ボタンを赤色にすることを規定しているのみである。

一方で、同じ日本配電盤工業会から発刊されている日本配電盤工業会規格では、「キャビネット形動力制御盤」（JSIA113）[19]においては、表示灯や操作スイッチの色彩について数項目の規定が行われている。また、この規格の解説において、JIS（改正前のJIS C0601）と、IEC 60073との差異を論じているが、改正後のJIS C0448ではすでにこの差異は修正され、IEC 60073に準拠した規定となっている。

色以外の形状や表示方法などについては、JIS C0447「マンマシンインタフェース(MMI)—操作の基準」[20]、JIS Z8209「化学プラント用配管図記号」[21]、JIS Z8207「真空装置用図記号」[22]、JIS Z8204「計装用記号」[23]などが参考となるが、プロセスフローを描くためのすべての図記号が規定されているわけではなく、エンジニアリング振興協会の「PFD と P&ID 図面記号」（ENAA STD 601-88）[24]などを参考とすることになる。

グラフィック画面についての研究成果としては、米国において U.S. Nuclear Regulatory Commission から、Human-System Interface Design Review Guideline (NUREG-0700 Rev.2)[25]が発行されており、米国原子力業界のヒューマンインタフェースの基準となっている。この中では、色の使い方や形

状、その他の設計因子に対するガイドラインが非常に詳細に解説されている。

日本の原子力産業においてもグラフィック表示装置の導入にあたっての評価報告[26]があるが、画面表示仕様の詳細な規定までには至らず、上述の NUREG-0700 を準用しているようである。

グラフィック画面等のディスプレイ装置への表示内容に関する先行研究としては、画面に表示する文字サイズなどの研究報告[27]がいくつかあるが、グラフィック画面表示の全ての項目について網羅的にレビューや考察を行うものは、これまでに発刊されていないようである。

プラント運転におけるヒューマンインターフェースのあり方については、日本学術振興会のプロセスシステム工学第 143 委員会におけるワークショップ No.15 の報告書として「プラントオペレーションにおけるヒューマンインターフェース」[28]が存在する。この中では、グラフィック画面の構成の検討や評価が実施されているが、グラフィック画面を構成する個々のパーツの表示仕様までは触れられていない。

2008 年に刊行された *The High Performance HMI Handbook* [29]では、グラフィック画面を構成するいくつかの要素について、形状や色使いのありかたなど、事例を交えた解説が行われており、参考とできる。ただし、非常に先進的な表示方法までを含めて議論しており、現在、各社で多用されているプロセスフローをベースとしたグラフィック画面の仕様について焦点を当てた議論とはなっていない。

また、2009 年発行の *Human-Machine Interface Design for Process Control Applications*[30]においても、いくつかの具体例は示されているが、全体としては断片的な参考情報しか得ることができない。

そのほか、航空業界から発行された標準であるが、*Federal Aviation Administration* から、*Human Factors Design Standard* が提供されており、HMI などに関する詳細な基準が示されている[31]。

DCS のグラフィック画面作成についての調査については、1992 年に実施されたアンケート調査[32]に、画面作成へのオペレータの参画度合いなどごく一部の項目についての設問が行われていたが、DCS のグラフィック画面設計仕様についての日本国内での調査はこれまで実施されたことが無い。

第3章 グラフィック画面の現状に関する調査と解析

本研究の開始にあたって、まずは日本における DCS グラフィック画面の仕様や管理の方法についての現状を知ることが必要であると認識したため、国内の化学や石油精製など、DCS を用いて運転を実施している各社に対してアンケート調査を実施した[1]。

各社で運転に用いられているグラフィック画面の仕様や描画内容は、プロセス固有の企業秘密にあたる情報を含んでいるため通常は公開されておらず、工場を見学する機会があったとしても運転操作室に立ち入ることの出来る機会は非常に稀であり、また、仮に運転操作室に立ち入りを許可されたり、隣室からガラス窓越しに見学したりすることができたとしても、グラフィック画面の描画内容を仔細に観察することは困難である。一部には特許広報や計装制御関連の文献などで公開されていることがあるが、これによっても全貌を知ることは不可能である。

このように、他社のグラフィック画面の描き方は、各社で互いに興味のあるところであるが、これまでこのような種類のアンケートはあまり実施されてこなかった。その意味で、今回のアンケート実施は、各社のグラフィック画面の仕様を横並びに見ることができ、自社の仕様を照合して比較検討することができる非常に良い機会を持てる調査となったと考える。

アンケートは化学や石油精製を中心とする DCS ユーザーの各社にお願いした。それ以外にも食品、電力やガス、原子力関連など、種々の業種に従事される方々の協力を得た。回答は DCS 画面設計業務に従事している方または DCS 画面仕様を熟知している方に依頼していただいた。アンケートの設問は 2008 年 11 月に送付し、12 月から翌年 1 月にかけて回収を行った。回答企業数は 29 社、回答総数は 57 件となった。

以下では、その設問および回答結果の概要について開設し、その中からいくつかの項目を選択して考察を行った結果を記述する。

本アンケートの結果全体については、「付録A グラフィック画面設計に関するアンケート調査結果」として添付した。

3.1 アンケート調査の設問と結果

アンケートの設問は、次のように 5 つの区分についての 41 項目からなる。

第1部：使用中のDCSに関する設問

第2部：DCSグラフィック画面の開発や修正方法に関する設問

第3部：DCSグラフィック画面の作成基準に関する設問

第4部：DCSグラフィック画面の描き方のルールに関する設問

第5部：DCSグラフィック画面のチェック方法や精度に関する設問

以下に、主要項目ごとに、結果の概要を示す。

3.1.1 使用中のDCSについて

各社で現在使用中のDCSの導入時期および機種名等について質問を行った。導入時期についての回答結果を図3.1に示す。設問は、DCSの制御を司る制御ステーションと呼ばれる装置と、オペレータが運転操作室において監視や操作を行うオペレータコンソールに分けて実施した。

DCSの導入時期は1975年から2009年まで広く分布し、1985年から1992年と、2000年以降とに大きく分かれた。機種については、すでにEOS (End of Support) を間近に控えているものもあった。

回答の分布が1970年代にまで広がっていることを考えると、一部の回答は、最初のDCSを導入した時期について答えており、実際にはその後更新を行っている可能性があると考えられる。

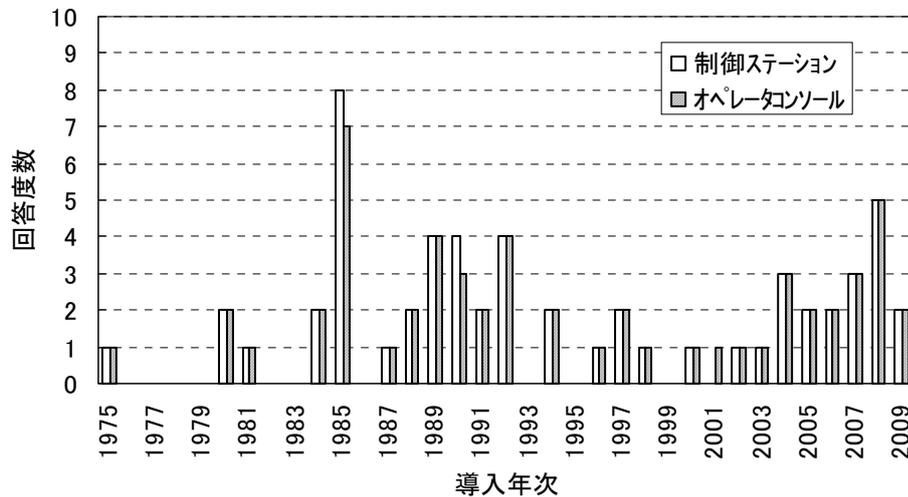


図 3.1 DCS の導入時期についての回答分布

結果として、約半数が、2000年以降に比較的新しい機種を導入しており、残りが1980年代後半から1990年代にかけてのやや古い機種を継続して使用しているようである。

DCSの機種によってグラフィック画面の解像度や使える色の数、オペレータコンソールの機能などの差はあるが、これらの機能の差があっても、グラフィック画面は、初期の機種から作成して使えるようになっており、グラフィカルにプラントの状態を知ることができるため、運転の中心的な役割を果たしてきている。

グラフィック画面の使用状況について質問を行った結果を図3.2に示す。グラフィック画面を多く用いて運転するようになる以前に使用されていた調節計が8個程度並んだ画面は、一部では現在も使用されているが、回答では80%でグラフィック画面を中心とした運転が実施されており、14%が調節計の並んだ画面とグラフィック画面との併用という結果であった。

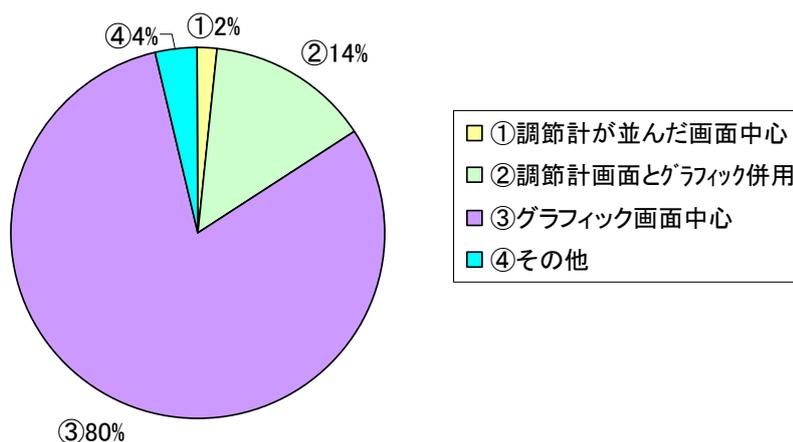


図 3.2 グラフィック画面の使用状況

このように、グラフィック画面はプラント運転の中心的で重要な役割を担っており、その仕様を分かりやすく合理的な運転ができるものとしていくことは、プラント運転の効率を高めることに寄与できると考える。

3.1.2 グラフィック画面の作成者とメンテナンス実施者および改造方法

DCSの導入や更新したときにグラフィック画面の作成を誰が実施したか、ま

た、その後のプラント改造などに伴うグラフィック画面のメンテナンス作業を誰が実施しているかについて質問した。回答の結果を図 3.3 および図 3.4 に示す。

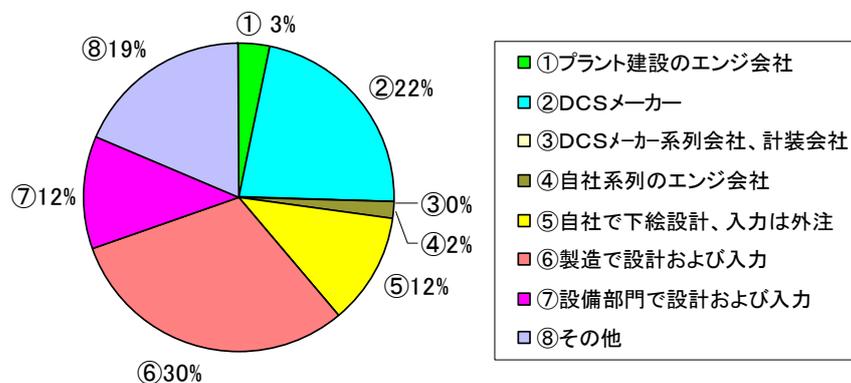


図 3.3 プラント建設時の DCS グラフィック画面作成者

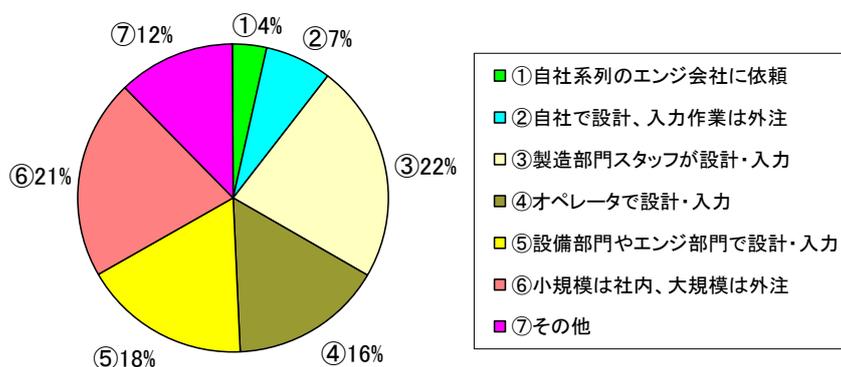


図 3.4 グラフィック画面メンテナンス時の担当者

プラント建設時には 25%がエンジニアリング会社や計装メーカーにグラフィック画面の作成を依頼しており、50%が自社の手でグラフィック画面を作成している。その後のプラント改造などに伴ってグラフィック画面のメンテナンスを実施する際には、80%以上が自社内で設計および入力しており、21%が改造の規模によって入力作業は外注で実施している。

次に、グラフィック画面作成作業へのオペレータの関わり状況についての質問では、グラフィック画面の設計・製作をオペレータが実施または分担するという回答は12%あり、一部を作業分担する例を含めると18%でオペレータが作業に加わっている。作成作業にオペレータが関わらない場合であっても、完成後にチェックするのが63%、画面のチェックを行っているのが37%と、オペレータの参画度合いは相当に高い。

3.1.3 DCS グラフィック画面の作成基準の有無

DCS グラフィック画面の仕様に関する基準の有無についての設問への回答状況を図3.5に、またグラフィック画面に関するルール の 制定状況についての質問の回答結果を図3.6に示す。

グループ企業も含めた統一基準や企業単体での統一基準を持っているところは16%に留まり、事業所内での統一基準があるのが27%、ひとつの部門での基準があるのが21%となっており、統一基準は無いとする回答が11%であった。

統一基準を規程やルールとして制定しているのが33%、制定はしていないが何らかの書面でルール化しているのが40%であったが、書面はないとする回答も14%あった。

統一基準が確実に守られているとするのは23%、ほとんどのケースで守られているのが46%であったが、基準が無く様々な仕様の画面が混在するという回答24%あった。

以上のように、グラフィック画面の統一された作成基準の整備は進んでおらず、部門単位程度での固有のルールがある程度定められている程度に留まっていることが調査の結果、判明した。

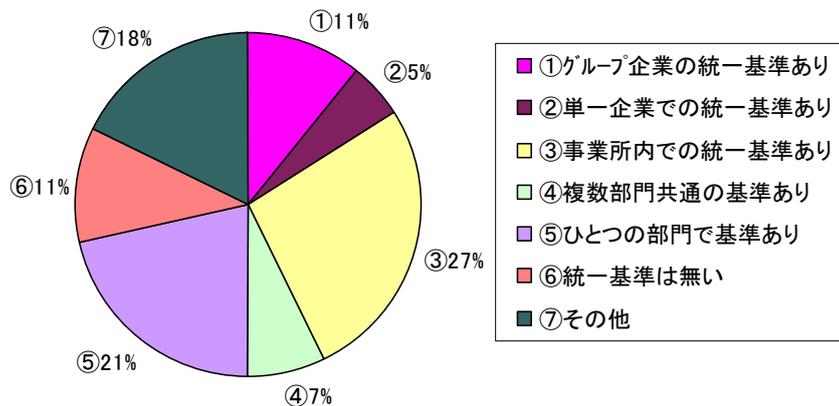


図 3.5 グラフィック画面に関する統一基準の有無

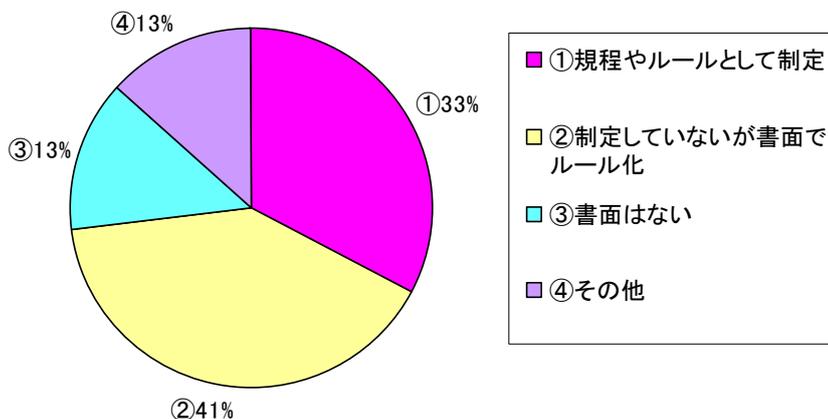


図 3.6 グラフィック画面に関するルールの制定状況

3.1.4 統一指針の導入に対する意見

アンケートの自由記述として、画面設計に関する統一基準の導入についての意見を求めてみた。その結果、「基準を定めて画面を改訂する場合はオペレータに多大な不安を与える」や「目に見えるメリットがなければ導入は難しい」とする否定的な意見と、「分かり易く目に優しいなど作業環境を改善するような配色であれば統一していくべき」や「業界標準なるものがあれば導入していきたい」とする前向きな意見とに分かれた。

また、導入する場合の方法に関しては、「段階的に徐々に導入を考えたい」

や「設備更新などの機会に統一していく」という考えがあったほか、「新規のプラントに適用できれば」とする考えがある一方で、「旧設備を含めて統一することは難しい」とする意見もあった。

3.1.5 DCS グラフィック画面の描き方のルール

(1) 赤の使用状況

描画要素ごとの色の使い方についての質問の前に、「赤」がどのように使われているかが1つの論点となりそうであったため、まずは、赤の使用状況について質問を行った。その結果を図 3.7 に示す。

赤をアラーム状態を表す色として用いることは90%以上で実施されているが、これと同時にポンプや電動機の運転中や停止中またはこれらの異常状態を示す色としても赤が用いられていること、そのほか、バーナーの炎の色や単に目立たせたい部分にも赤が用いられていることが分かった。

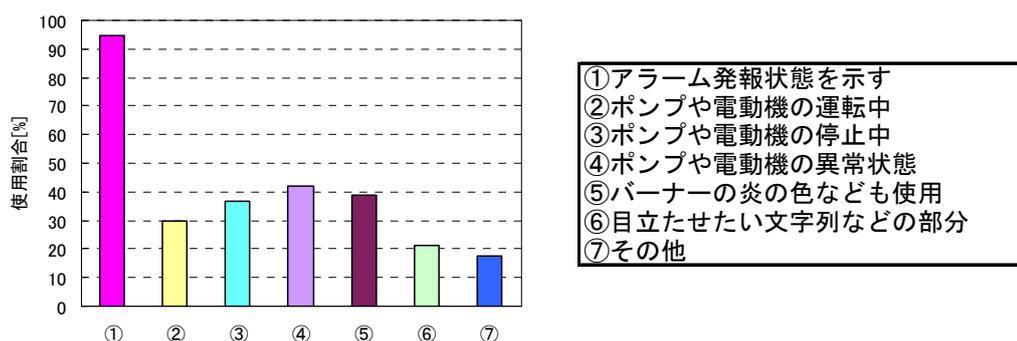


図 3.7 グラフィック画面における赤の使用状況

(2) ポンプや電動機の色

ポンプなどの電動機については97%で「運転中」と「停止中」とで色を変化させるようにしている。

ポンプなどの電動機の運転中および停止中を表すために用いている色についての質問への回答結果を図 3.8 および表 3.1 に示す。表 3.1 では運転中と停止中との色の組合せの別に、回答の数を示している。

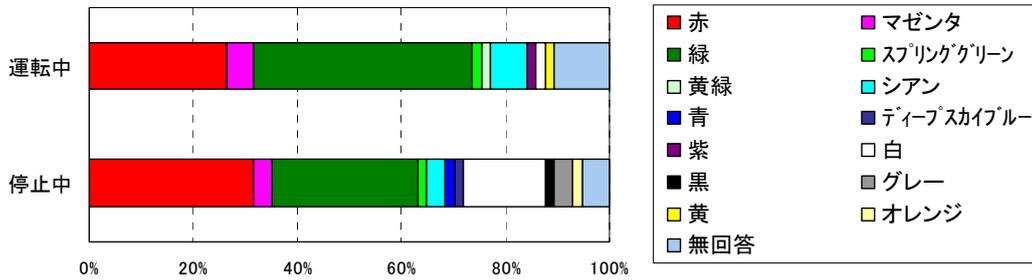


図 3.8 ポンプや電動機の運転中および停止中の色

表 3.1 ポンプや電動機の運転中および停止中の色の組合せ

運転中	赤	赤	赤	赤	マゼンタ	マゼンタ	マゼンタ	緑	緑	緑	緑	黄緑	SG	紫	シアン	シアン	シアン	黄	白	緑	赤
停止中	緑	SG	シアン	白	緑	シアン	グレー	赤	マゼンタ	白	黒	DB	オレンジ	緑	赤	白	緑	青	緑	緑	赤
回答数	11	1	1	1	1	1	1	14	2	6	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1

注) SG=スプリンググリーン、DB=ディープスカイブルー

運転中と停止中に対する使用色はどちらも赤と緑が多く、その他の色の使用は比較的少なかった。ポンプなどの電動機での使用色を（運転中、停止中）の色の組合せでみると（緑，赤）が14件、（赤，緑）が11件と多数を占めたが、これ以外に稼働中の色として赤の代わりにマゼンタ（濃いピンク）やシアン(水色)を用いている例や、停止中の色として白、グレー、シアンなどを用いている例があることが分かった。

そのほか、56%ではアンサバック異常時（ポンプに対して起動信号を出しても起動しない場合や、逆に起動信号を DCS が出力していないのに運転中である場合）に色を変化させており、その色としては50%で赤を、19%で黄を採用している。また、26%では開閉を示す色変りのままで、単にアンサバック異常時にブリンクするようにしている。

(3) プロセスライン等の色と太さ

プラントでは原料から製品に至るまでの様々なプロセス流体と、加温のための蒸気（スチーム）や冷却水および不活性ガスとしての窒素などの用役（ユーティリティー）と呼ばれる流体とが用いられる。

アンケートの結果では、プロセスラインの色は流れる物質によらず一定

としているのが 51%、物質ごとに色を決めているのが 44%であった。

用役のラインについては、46%が用役の種類ごとに色を決めている。

流れの有無によってラインの色を変えているのは 28%、色変りさせていないのが 51%であった。太さについては 1 種類のみが 40%、主要なラインか否かで太さを変えているのが 44%であった。

流れている状態のライン色についての回答結果を表 3.2 に示す。

表 3.2 流体が流れている状態のラインの色についての回答分布

	緑	SG	黄緑	赤	マゼンタ	ピンク	シアン	青	DB	SB	紫	白	グレー	黄	オレンジ
プロセス流体	16	0	1	3	1	0	9	0	1	1	0	6	3	2	1
蒸気(スチーム)	11	1	0	11	2	3	7	0	1	0	1	8	3	1	2
冷却水	9	0	0	1	0	1	15	13	1	3	1	4	3	0	0
窒素ガス	12	0	1	1	2	2	5	1	0	0	1	8	5	8	3
流体によらず同色	8	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	4	3	0	0

注) SG=スプリンググリーン、DB=ディープスカイブルー

流体の種別によらず常に緑を採用している例が 8 件あり、これを含めてプロセス流体では緑(16 件)、シアン(9 件)、白(6 件)が多く、蒸気(スチーム)では緑(11 件)のほかに赤(11 件)や白(8 件)、冷却水では寒色系のシアン(15 件)や青(13 件)、窒素ガスでは白(8 件)や黄(8 件)などの回答であった。

次に流れのないときの色についての回答結果を表 3.3 に示す。

表 3.3 流体が流れていないときのラインの色についての回答分布

	グレー	赤	白	SB	緑	シアン	青	オレンジ
プロセス流体	4	4	3	2	1	1	1	1
蒸気(スチーム)	4	2	3	2	0	1	0	0
冷却水	4	1	3	2	0	1	0	0
窒素ガス	3	1	3	2	0	1	0	0

注) SB=スチルブルー

流体が流れていないときの色は、流体の種類によらず、グレー、赤、白、スチルブルー(暗い青)の使用が多かった。流れのあるときの色に比べて暗い色を用いることで流れが無いことを表している。

ラインの太さについては、太さを1種類だけとする回答と、主要なラインを太くするという回答がいずれも40%あまりとほぼ同数であり、残りの多くは、描く人の判断に拠るという回答であった。

(4) バルブ類の開閉の色

調節弁(CV)は開度を連続的に変化させ流量を調整するための弁である。調節弁が少しでも開いた状態と全閉(完全に閉)の状態とを画面上で色を変えて区別している例は70%あり、開の状態での使用色は流体のラインの色と同じにしている例が21%、流体によらず決められた色にしている例が68%であった。

調節弁の開のときに色に関する設問への回答結果を表3.4に示す。

表 3.4 調節弁が開のときの色についての回答分布

	緑	SG	黄緑	赤	マゼンタ	ピンク	シアン	青	DB	SB	紫	白	グレー	黒	黄	オレンジ
プロセス流体	23	2	0	11	1	0	4	0	0	0	1	3	3	1	0	0
蒸気(スチーム)	19	1	0	11	2	2	4	0	1	0	1	3	3	1	0	1
冷却水	19	1	0	10	1	1	7	1	0	1	1	3	3	1	0	0
窒素ガス	20	1	1	10	1	2	3	0	0	0	1	3	3	1	2	0
流体によらず同色	19	1	0	10	1	0	3	0	0	0	1	3	3	1	0	0

注) SG=スプリンググリーン、DB=ディープスカイブルー、SB=スチルブルー

調節弁が開のときの色としては、全流体共通の回答では緑(19件)、赤(10件)、シアン、白、グレー(各3件)などで、プロセス流体では緑が23件、赤が11件、シアンが4件に増加する。

調節弁が全閉のときの色についての質問の回答結果を表3.5に示す。

表 3.5 調節弁が全閉のときの色についての回答分布

	緑	赤	白	グレー	シアン	マゼンタ	SG	オレンジ
プロセス流体	9	14	3	3	2	1	1	1
蒸気(スチーム)	9	11	3	3	2	1	1	1
冷却水	9	11	3	3	2	1	1	1
窒素ガス	9	11	3	2	2	1	1	1
すべて同色	9	11	3	2	2	1	1	1

注) SG=スプリンググリーン

調節弁が全閉のときの色は、全流体共通では赤(11 件)、緑(9 件)、白(3 件)、シアン、グレー(各 2 件)などで、プロセス流体では赤が 14 件に増加する。

遠隔弁(ON-OFF 弁,RV)については、86%が開閉状態で色を変えており、開の状態はラインと同じ色が 19%、ラインによらず統一した色としているのが 54%であった。

遠隔弁の開の色は、全流体共通の回答では緑(16 件)、赤(10 件)、シアン(3 件)などで、プロセス流体では緑が 23 件に増加する。閉の色は全流体共通で緑(14 件)、赤(11 件)、白(8 件)、シアン(3 件)などであった。

(5) 数値表示および計器の状態表示

プロセス内の流量計、液面計、温度計、圧力計などの計器の示す値については、通常、グラフィック画面内に数値としての情報が示される。

画面内に含まれる全ての計器について数値表示をするという回答と、必要な計器の数値のみを表示するという回答は、それぞれ半数ずつであった。また、PID 調節計について、現在値（指示値）のほかに必要に応じて設定値（目標値）や出力値を 77%が表示するようにしている。

調節計の AUT/MAN の状態を示す表示は 54%、単位の併記は 93%、タグ名の表記は 63%でそれぞれ実施しており、計測点の位置を画面に示しているのは 65%に留まり、誤認識を防止するための配慮は必ずしも十分ではない。

(6) 静止機器の表示方法

静止機器とは、タンクや反応器、蒸留塔、抽出塔などの可動部分を持たない設備である。ポンプや調節弁などは稼動する部分を持つ機器であるため、動機器または動機と称され、これに対してタンクなどは静止機器、静機器あるいは静機と呼ばれる。

静止機器に用いられている色についての質問の回答結果を表 3.6 に示す。

表 3.6 静止機器の色についての回答分布

使用色	緑	緑枠	SG枠	グレー	DG	白	白枠	シアン	マゼンタ	SB	DB	オレンジ	枠のみ
回答数	17	1	1	8	1	5	2	2	2	1	1	1	3

注1) SG=スプリンググリーン、DG=ダークグレー、SB=スチルブルー、DB=ディープスカイブルー

注2) 「枠」と示したものは塗り潰しなしとする回答

アンケートの結果では、静止機器の色については58%で基準があり、緑(17件)、グレー(8件)、白(6件)などが多く使用されている。静止機器を塗り潰す場合と枠のみ表示して中抜きとする場合とがあり、グラデーションを用いて立体的に表現している例は23%存在している。

(7) 背景色

グラフィック画面の背景色としては、DCSでは通常は黒を標準としていることもあって、95%で黒が採用されている。残りの回答はグレーが2件あった。

3.1.6 画面切替えの方法

DCSでの運転では多数の表示画面を迅速に切替えながら広範囲の対象に対して状態確認や運転操作を実施していく必要がある。DCSのオペレータ用コンソール(操作卓)には通常メンブレン式キーボードが設置されているほか、画面を指やペンでタッチしたり、マウスでクリックしたりすることで画面を切替えたり計器を呼び出したりできるようになっている。

回答では83%がキーボードでの画面呼び出しとタッチやマウス操作による画面切替えとを併用しており、49%はタッチやマウスだけで画面呼び出しができる設計となっている。また、46%では別のページへと接続するラインの先端をクリックすると画面が切替わるようにしており、47%では画面下部をクリックするゾーンを設けて画面切替えができるようにしている。しかし、前後ページへの移動キーを使用しているのが30%、オペレータが記憶しているページ番号などを入力して展開するのが28%であった。

3.1.7 アラームの認知方法について

DCS のグラフィック画面でアラーム発生箇所を表現する手段としては、数値表示を色変化させるのが 74%（色変化かつ点滅は 53%）、ポンプや調節弁などの色変化が 63%（色変化かつ点滅は 46%）で実施している。アラームの重要度で変化色を変えているのが 17%、音色を変えているのが 68%であった。

プラントのどこでアラームが発生したかが分かる工夫は 35%で実施しており、広域監視に伴うオペレータ負荷の低減が配慮されはじめていることが分かった。

通常、DCS には、アラーム発生時に色を変化させると同時に、アラームを確認したことを示すためのボタンが押されるまで点滅を行う機能が標準で設けられている。この機能を用いると、アラームが発生してから確認ボタンを押すまでの間は、アラームが発報した計器や機器を色変化と同時に点滅させ、確認ボタンを押すと点滅が停止するように色変りを設定できる。

一度発報したアラームは、その状態が継続する限り通常はグラフィック画面上で色変りした状態で認識できるが、同時に多数のアラームが発報した場合、対応を後回しとしたアラームについては、別の画面を表示してしまうとオペレータの記憶から薄れ、アラーム一覧画面からも履歴が消えてしまって、対応を忘れてしまう可能性がある。

これを防止する手段として、33%の回答者では時間が経つとアラームが再発報する機能を設けており、28%ではアラームヒストリー画面を常時表示している。また、21%ではアラーム発報中の箇所の確認専用画面を作成し、21%では DCS の外部アラーム（壁面の計器盤に重要なアラームごとに窓状の表示灯を設け、発報時に点滅や点灯させる仕組み）を併用している。これらの対応策はユーザーが独自に追加作成する必要がある、特に後者については専用の制御盤などが必要となる。

アラーム対応忘れを防止するための標準的な機能を DCS ベンダーで検討され、DCS に標準装備されることが望まれる。

3.1.8 グラフィック画面の管理および変更手順

グラフィック画面の管理方法および、修正が必要となった場合の実施方法について質問を行った。

DCS の種々の定義やグラフィック画面を作成するコンピュータ上で、計器の

定義情報の変更に伴ったグラフィック画面の変更必要箇所を検索して網羅的にリストアップしているのは 26%に過ぎず、65%では担当者が気づいた範囲で変更を実施しているのみである。

修正作業実施に対する承認は 70%以上で何らかの承認が必要となっているが、12%ではオペレータが自由に変更可能となっている。

プラントが運転中であってもグラフィック画面の修正を実施するのが 80%以上であり、誤りの修正だけは運転中でも実施するのが 11%を合わせると、運転中にオンラインで修正をかけているのが 90%を越えている。

3.1.9 グラフィック画面のチェック方法および精度

グラフィック画面の変更時に DCS の開発環境を用いてすべての動作テストを実施してから本番環境にロードしているのは 74%で、残りは部分的なチェックを開発環境で実施するだけか、本番環境で直接修正を実施している。このため、プラントの定期修理に伴う画面修正後では、1～2 箇所またはそれ以上の修正ミスが発生しているという回答が半数以上あった。

3.2 アンケート調査結果に関する考察

今回実施した DCS グラフィック画面の仕様などに関するアンケートの結果について、以下にいくつかの興味ある点について考察を行うとともに、グラフィック画面に関して推奨する統一仕様に向けての検討を進める。

3.2.1 グラフィック画面の統一基準について

グラフィック画面の描画仕様に関する基準は、予想したとおり、全社統一などの基準を持っている企業は少なく、事業所（工場）単位または、工場内の部門単独の基準だけを持っているところが多数であった。

これは、DCS が部門単位で順次導入されていったため、導入当時の担当者およびユーザー側の考え方や好みがグラフィック画面の仕様に反映されたためと考えられる。

また、DCS ベンダー側も、グラフィック画面の推奨仕様などを提示することがなく、ユーザー任せのグラフィック画面作成となったことや、JIS などの統一基準の整備の遅れなども原因となっていると考えられる。

1990年代になって、事業所内に複数存在していた運転操作室を統合化し、さらには2000年代になると、より一層広域での運転操作室の大規模統合が進められてきた[12]。これらの統合化の際に、設計仕様の異なるグラフィック画面が混在する問題が明らかになり、これをひとつの契機として、グラフィック画面の描画仕様を統一した企業もあると考えられる。

しかしながら、事業所全体にわたる大規模統合化が進んでいない場合では、1つの事業所内に複数の仕様のグラフィック画面が混在しているという状態が数多く存在しているのが現状であると考えられる。

たしかに、従来のグラフィック画面を新たな仕様で描き直すために要するマンパワーは膨大であり、一度に仕様統一を行うことは困難なことは想像に難くないが、同一のオペレータが監視および操作を行うプラントのグラフィック画面の仕様が新旧で混在していることほど混乱を招くことは無い。新しい統一基準の導入は、少なくとも、同一のオペレータが運転管理する範囲については一斉に行うべきであると考えられる。

ある化学会社の事例では、部門ごとに非常に異なっていた画面仕様を、操作室統合に伴うオペレータコンソールの更新に合わせて統一した画面仕様に変更したが、オペレータの順応性は思いのほか高く、勘違いによる誤認などは全く見られなかった。この事例では、統一された画面設計仕様の思想が分かりやすく、導入前の教育も開発環境での実習を含め十分に時間を掛けて行ったため、オペレータも負担なく短時間で新しい仕様の画面に慣れることができたものと考えられる。

また、別の化学会社では、グラフィック画面の新しい統一仕様をオペレータのキーマンクラスに示して相談したところ、強い賛同を得ることができ、その後の作業推進に大いに助けとなったということであった。

これらの事例から言えることとして、現行のグラフィック画面を新しい仕様の画面に置き換えることは、一見、オペレータの抵抗などに合うように思われがちであるが、オペレータに受け入れられる合理的な統一仕様の画面であれば、グラフィック画面の置き換え作業にオペレータも積極的に協力して参画してもらえ、作業は思いのほか楽に推進できるようである。

3.2.2 赤の使い方

現状、グラフィック画面においては、赤をポンプや電動機の起動状態として使用している場合と、停止状態として使用している場合とがほぼ同数ずつあることが分かった。同一企業や、極端な場合は同一の工場の中においてもこれらが混用されている場合があり、混乱を招く元となっている。

また、赤をアラーム発生などの異常な状態を表すとする回答が 95%を占める一方で、同時に、赤がポンプや電動機の起動中または停止中を表すとする回答が合わせて 67%存在した。

これらの赤の混乱した使用実態がなぜ発生しているかについて、以下に考察する。

従来から、配電盤や制御盤などにおいては、ランプやスイッチの色は、赤＝通電（起動）、緑＝非通電（停止）という用いられ方が一般的であった。これは、1998年に廃止された JIS C0601 では、起動状態など Positive なものは赤、停止状態など Negative なものは緑を用いることとなっていたためであると考えられる。グラフィック画面におけるポンプや電動機の表示も、この流れを汲んで、赤＝起動中、緑＝停止中という色使いが 1990年代までは主流であったと考えられる。

その後、JIS C0601を廃止し、1997年に制定された新しい JIS C0448「表示装置（表示部）及び操作機器（操作部）のための色及び補助手段に関する規準」[13]では、国際規格の IEC 60073と同様の内容とし、色の意味に関する一般原則として赤は危険、緑は安全を意味し、これらの色には装置の状態としての意味は持たせないこととしている。これにより、「赤＝危険または異常」という概念がより広まった。

配電盤や制御盤などについては、更新周期が長いことと、一斉に更新されるということも無く、増設などの場合は旧来のボタンやランプの色の意味を踏襲することが多いために、赤＝通電（起動）、緑＝非通電（停止）という色使いが現在もそのまま残っているようである。

また、日本配電盤工業会（JSIA）の定める日本配電盤工業会規格の「キャビネット形動力制御盤（JSIA 113）」（2005年改定）[19]においては、監視機能としての運転表示は赤、停止表示は緑とする一方で、操作機能については、運転ボタンの色は緑、停止ボタンの色は赤と、一見矛盾する指針を定めている。

3.2.3 グラフィック画面での描画要素の使用色や描き方について

(1) ポンプや電動機の表示色

アンケートの結果では、ポンプや電動機の起動/停止状態を表すために、赤と緑が多用されている。

連続操業プラントにおいてはポンプや電動機は運転しているのが通常であって停止すると異常となることが多いため、グラフィック画面においても緑を運転中、赤を停止中とする考え方が広まったものと思われる。これは、交通信号の赤と緑の使い方も同じであって、緑ならば流体が流れており、赤ならば流体の流れが停止しているという状態を表すため、一般にも受け入れられやすかったものと考えられる。

しかしながら、非定常の液抜き操作のポンプなどはプラントの定常運転中にはポンプは停止しているのが正常であるなど、ポンプや電動機は運転中が正常の場合も停止中が正常である場合も共に存在し得るため、緑を運転中、赤を停止中とする考え方にも問題があることは明らかである。

したがって、ポンプや電動機の起動中および停止中の色には赤や緑を用いずに、起動中は **Active** であることを示すマゼンタやオレンジなどを、停止中は **Inactive** であることを示すグレーなどを使用することとして、赤はアラーム状態を示す色としてのみ用いるべきであると考えられる。この考え方は欧米の文献でも推奨されている [25,29]。

(2) 調節弁や遠隔弁の開閉状態の表示色

アンケートの結果では、調節弁や遠隔弁の開閉状態を表すために、赤と緑が多用されている。しかし、赤はアラーム状態を示す色として使用されるため、開閉状態の表示には赤を用いないようにする必要がある。

調節弁や遠隔弁が開の状態の色は、流体のラインと同じ色でもよいが、同じ色とした場合、特にプロセスラインでは多数の複雑なラインが描かれることがあるため、調節弁や遠隔弁の存在がプロセスラインに埋もれてしまい、目立ちにくくなってしまう可能性がある。そのため、色の選択が可能であれば、ラインの色よりも少し明るい程度と同系色を採用するのがよいと考えられる。

一方、調節弁や遠隔弁が閉を示す色は、流体がプロセスラインか蒸気や冷却水などの用役（ユーティリティー）のラインかに関わらず、グレーまたはやや暗い青系統の色などの採用がよいと考える。ラインの色も流体の流れの有無に応じて色変りさせる場合を考えると、閉じている調節弁や遠隔弁を起点として、それより下流については、ラインの色も流れていないときの色とするため、同一色に統一して閉を表すことを提案する。

これらの方法による描画の例を図 3.9 に示す。

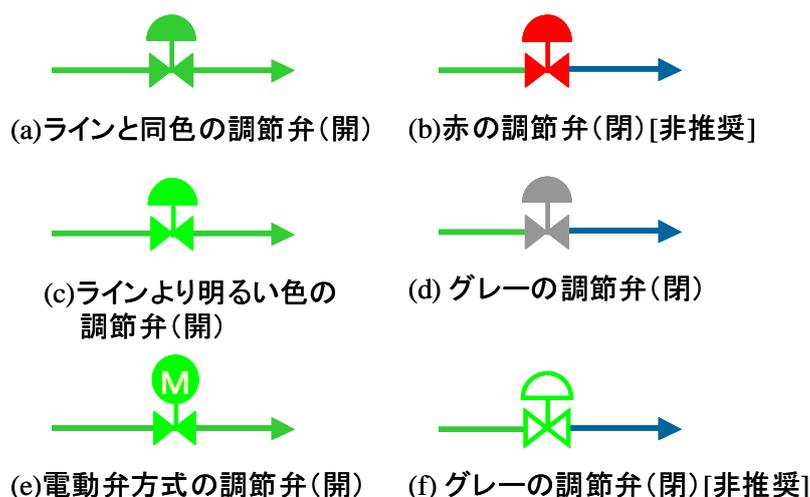


図 3.9 調節弁の開閉状態についての表示方法

アンケートの結果では、調節弁や遠隔弁をラインと同じ色とし、塗り潰すのか白抜きとするのかによって開閉状態を表しているとする回答が数件存在した。これは、書面としての配管図やバルブ開閉状態のチェックリストなどでよく用いられている方法であるが、基本的には資料がモノクロの場合における開閉状態の表示方法であり、グラフィック画面の場合は、白抜きの状態の場合には線がやや細くなって存在を認識しにくいこと、および、人間が識別しやすいようにするためには形状の違いよりも色の違いを利用するほうが得策であるため、グラフィック画面におけるバルブ類の開閉状態の表現方法としては、推奨できない。

そのほか、制御ループの AUT/MAN などの状態を調節弁頭部の半円部分の色で示している事例もあるが、色に変化する部分が非常に小さく、また、

頭の半円部分と下部のバルブ部分とが別々に色変化をするのは複雑すぎると思われ、これもあまり推奨できないと考えられる。

調節弁には駆動方法の違いによって、空気圧式（ダイヤフラム式と、電気式と）に大きく分けられる。電動式は JIS Z 8204 でも記載方法が定められており、頭部を塗り潰した円とし、その中に「M」の文字を記載するようになっている（図 3.9 の(e)を参照）。

(3) 調節弁の色変りについて

調節弁の色変りのさせ方については、単純にバルブ出力値が 0%（全閉）であるか否かによって色変りさせることが、まずは考えられる。

しかしながら、調節計が AUT の状態であれば、調節計の出力によって調節弁が動作して開閉が変化するため、調節計が AUT の場合には、全閉の状態であっても設定値（目標値）と現在値との大小関係が変化すると次第に開いてくることがある。したがって、調節弁が全閉の色とするための条件式には、バルブ出力値が 0%（全閉）であることに加え、AND 条件で調節計が MAN（手動モード）であることを加味しなければならない。

調節弁についての色変り条件の記述方法の比較を表 3.7 に示す。

表 3.7 調節弁色変り条件の記述方法の比較

	閉の条件の記述方法	問題点
通常の方法	出力値=0%	調節計が AUT なら閉と思っても開に変化する可能性がある。
推奨案	調節計状態=MAN かつ 出力値=0%	条件式が複雑になる。

(4) 遠隔弁の種類分けについて

遠隔弁（ON-OFF 弁、遮断弁、リモートバルブなどとも呼ぶ）は、開または閉の状態を持ち、中間の開度が存在しないタイプのバルブである。

DCS で遠隔弁を操作および監視する場合、実際のバルブの状態を表す信号（アンサバック信号）の形態によって、DCS 上の取り扱いもいくつかの種類に分けられる。

遠隔弁の操作出力とアンサバック信号の形態による分類と特徴を表 3.8 に示す。

表 3.8 遠隔弁のアンサバック信号の形態による分類

操作出力	アンサバック信号	特徴
あり	なし	実際の開閉状態が分からない
	閉側（または開側）のみあり	閉（開）は確実に動作したことが検知できるが、開（閉）が確実に動作したかが分からない
	開側と閉側両方あり	開・閉とも確実に動作したことが検知可能。中間位置で停止してしまった異常が検知できる。
シーケンサなどが出力または現場で人が手動操作する	閉側（または開側）のみあり	DCS の下位のシーケンサで自動制御させるが、開閉状態は DCS で表示し監視できる。シーケンサの出力との不一致は検知しない。
	開側と閉側両方あり	

遠隔弁は、DCS から開または閉の操作信号を出力しても、機械的な固着や異物の噛み込みなどによって操作信号の通りに動作しないことがある。遠隔弁が開または閉の位置にまで確実に動作したことを検知するために、リミットスイッチと呼ばれる小型のスイッチが設置されていることが多く、開閉操作信号に対してリミットスイッチから返ってくる信号はアンサバック信号と呼ばれる。リミットスイッチは開側と閉側の両方に設置されるとは限らず、どちらか一方のみに設置される場合や、両方とも設置されない場合もあり、それによって開閉の操作が確実に行われたかの検知がどこまで可能かが分かれてくる。リミットスイッチがあつてアンサバック信号が得られる場合は、DCS からの操作信号の出力と、アンサバックが一定時間以内に一致しないときに、DCS はアンサ異常のアラームを発報するようになっている。アンサ異常信号は、作動するはずのリミットスイッチが作動しなかったことを元に検知するため、アンサ異常はリミットスイッチの設置されている側でしか検知できない。

DCS の画面において、これらの違いを表示すべきか否かについては議論の分かれるところであるが、アンサバック信号を元にアンサ異常を検出で

きる種類の遠隔弁であるか、或いは、DCS から開閉操作をできる種類の遠隔弁であるかなど、すべての区別を行わなくても、ある程度の識別をしておくべきと考える。

種々の形式の遠隔弁についての描き方の例を図 3.10 に示す。

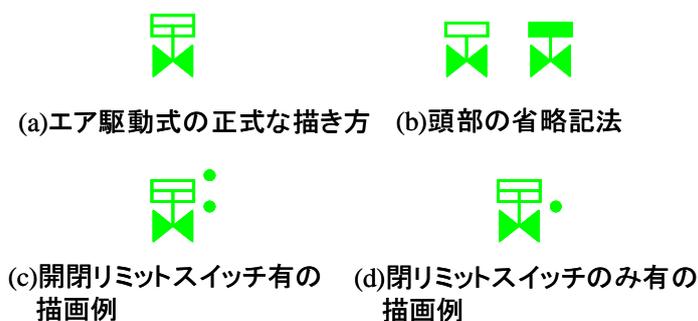


図 3.10 種々の形式での遠隔弁の描き方の例

3.2.4 プロセスラインの描き方

(1) プロセスラインの表示色

プラントにおける配管の表示色については JIS Z9102（「配管系の識別表示」）[16]において、表 3.9 に示すように配管内の流体によって簡単に分類して識別色を定めている。しかしながら、この識別色の中には灰紫や茶色などの暗い色も用いられており、グラフィック画面で用いる際には適切でない配色が存在する。そのため、この JIS で定める配管系の識別色は、グラフィック画面の描画の際には適用できない。

アンケートの結果では、流れる物質の種類ごとにプロセスラインの色を変えろという回答が半数近くあったが、物質ごとに異なる色を使用するとすると、多数の色を用いる必要があつて画面が見づらくなってしまうため、色の数は適度な範囲に抑えるべきであると考えられる。第 5 章で述べる調査の結果では、プロセスラインに用いる色の数は多くとも 3~4 色が限界であつて、それ以上多いと逆に見にくくなるとの意見が多い。一般的な化学プラントではこれより多くの種類の流体を取り扱っているため、流体の種類ごと（異なる化学式で示される物質ごと）にラインの色を変えることは実際的ではなく、原料から製品への流れに対して、触媒や溶剤、そして、中和

表 3.9 JIS Z9102 による配管系の表示色

物質の種類	識別色
水	青
蒸気	暗い赤
空気	白
ガス	うすい黄
酸またはアルカリ	灰紫
油	茶色
電気	うすい黄赤

剤や pH 調節の目的で添加される酸やアルカリなどの流体の種別についてのライン色を定めることすら難しくなってくる。このほか、蒸気や冷却水、窒素などの用役もプラントでは使用されており、これらの用役のラインをプロセスラインとは異なる色にすることを考えると、プロセスラインの色は、流体の種別ごとに色を変えるだけでも多くの色を扱うことになってしまう。したがって、用役は種類ごとに固有のライン色を用い、プロセスラインについては全て 1 種類のライン色とするほうがよいと考えられることになる。

プロセスラインの色について、アンケートの回答でほぼ共通した認識で用いられていると考えられライン色を表 3.10 に示す。プロセスラインで緑が多く用いられている。これは、冷却水で寒色であるシアンや青を用いるために、プロセスラインの色をこれとは異なる緑にしている可能性が高いと考えられる。蒸気では緑や赤が用いられているが、プロセスラインと重なる緑や異常状態を示す赤を除くと、白が比較的多い回答である。窒素ガ

表 3.10 共通的に用いられているライン色

ラインの種類	使用色 (カッコ内は回答件数)	回答数
プロセスライン	緑(16)、シアン(9)	44
蒸気	緑(11)、赤(11)、白(8)	51
冷却水	シアン(15)、青(13)、緑(9)	51
窒素ガス	緑(12)、白(8)、黄(8)	49

スでは、緑以外に白や黄色が比較的多く用いられている。

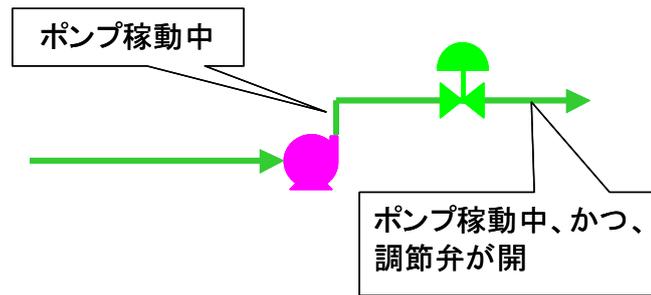
このように、プラントの運転や管理に携わる人々の間で、ある程度共通的な認識であると考えられる配色が存在するため、これを元にして標準的な配色を決定すべきである。

蒸気のライン色については、比較的明るい暖色を用いることが考えられるが、黄色およびオレンジはいずれも注意喚起のための色として用いられるため、残った選択肢として、ピンクの使用を推奨する。

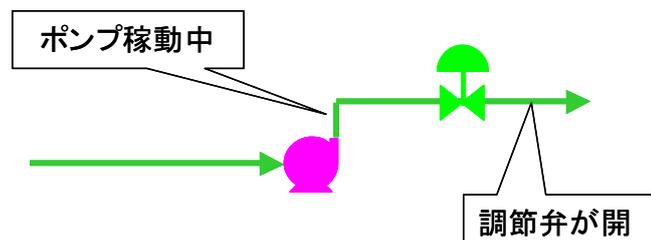
(2) 条件によるラインの色変り

アンケートの結果では、流体が流れているときと流れていないときとでラインの色変りをさせているほうが少数派であった。これについて、実態を調査してみると、色変りをさせたいとは考えているが、そのために画面に色変り仕様や色変りする条件を入力するための工数が膨大であるために実施できていないのが実情のようである。十分なマンパワーと作業時間があれば、できれば色変りをさせるのがよいという認識は、ほぼ共通しているようである。バルブ漏れや流量計のゼロ点の誤差もあるため、ラインの色変り状態を 100%信じて運転することはできないが、プラントの運転状態を即座に把握するためには流れの有無をラインの色変化で表すことは重要である [28, 33]。

ラインを色変りさせる条件については、大きく 2 種類の考えに立った条件式の書き方が存在する。図 3.11 において、(a)は流れの有無を支配する因子を条件として完全に盛り込むようにした場合、(b)はそれぞれのライン上にある直前の機器の状態のみを条件として用いる場合である。厳密に条件を記述するためには(a)を採用すべきであるが、ラインの合流・分岐なども含めて考えると条件式が非常に複雑になる場合が存在するため、実用的には(b)の記述方法でも十分であると考えられる。(b)の場合、ポンプがトリップ（異常停止）した場合には、調節弁が開いたままで流れが止まるため、ラインの色変りが正しく表現されないことになるが、ライン色変りの条件式の記述方法をオペレータが理解していれば、問題になることはなく、逆に調節弁を閉じるべきであることを、グラフィック画面を見て認識することが可能となる。



(a) 厳密なラインの色変り条件



(b) 簡易的なラインの色変り条件

図 3.11 ラインの色変り条件の記述方法

(3) ラインの太さ

アンケートの結果では、ラインの太さを 1 種類とする回答と、主要なラインを太くし、副次的なラインを細くするという回答がほぼ同数であったが、現状の DCS の画面では、表示する色にもよるが、細いラインは非常に見にくくなってしまいう傾向があるため、細いラインはあまり採用されていない可能性がある。複雑なプロセスであるほど、グラフィック画面には多数のプロセスラインなどが描かれることになり、原料から製品に至る流れなど、主要なラインについては他のラインよりもより太く描くことで、画面の中の主要なフローがより明確に把握することができると考えられる。

(4) ラインの先端

流体のラインがタンクや蒸留塔などの静止機器に入る箇所では、流体の流れの方向を明確にするため、矢印を記載するのがよい。ただし、熱交換機については、配管の一部と考えて、熱交換機に入るラインについては矢

印を記載しないこととする。

また、ラインの先が他のグラフィック画面に展開する箇所や、他のグラフィック画面から流入してくるラインについては、5角形の矢羽根を記載し、その中に展開先の静止機器の機番などを記載することとする。5角形の矢羽根の部分をマウスでクリックするとグラフィック画面が切替わる仕様とするが、詳細は3.2.8項を参照のこと。

3.2.5 静止機器の色

アンケートでは、静止機器として緑を用いる回答が最も多数であったが、プロセスラインの色を緑にし、静止機器の色にも緑を用いると、画面全体に占める緑色の割合が非常に高くなってしまい、他の色の識別性能が低下してしまう可能性がある。

また、アンケートのコメントを詳細にみると、静止機器の表現方法として、緑の塗り潰しと、枠のみで表現する方法の両者があることが分かった。静止機器の存在を外枠の色だけで示して内部は背景色のままにすると、特に外枠の色がプロセスラインと同じ緑で機器が大型の場合、ラインと外枠の識別が付きにくくなってしまう可能性がある。

静止機器を縁取りだけにして、液面の高さまで塗り潰して示すという方法も考えられるが、液面位置が極端に異なる静止機器が同一画面内に混在すると、塗り潰しの有無が混在するよう見えるため、推奨できない。液面位置の表示は、より小さなバー表示だけに留めるほうが、描画処理のための負荷も小さく、機器の内部構造や攪拌機の描画など、無用に凝った画面を作成してしまうことを防止できる。

静止機器は画面全体の構成の中ではプロセスラインの接続関係を示すために重要な要素であるには違いないが、プロセスラインのほうが流れの有無や方向などを示すより重要な情報であると考えられるため、静止機器に用いる色は、プロセスラインの緑よりもやや暗い寒色系の色が好ましいと考えられる。しかしながら、暗い色なりにも、機器の存在を明確にするため、塗り潰しの色は暗い色としながらも、縁取り（外枠）は、やや明るい色を用いることが考えられる。

グラデーションを用いることは立体的に機器を把握させるために、一見良い

方法のように思われがちであるが、蒸留塔やタンクなどの円筒型の機器の場合にはそれなりに立体的に描けても、角型の乾燥機やより複雑な形状の機器などがあると、立体的に表現することの限界が見えてしまい、全体として不統一な画面となってしまふ。グラデーションなど静止機器の表現に凝ることは、グラフィック画面全体としてあまり重要でない要素を目立たせてしまうことになり、運転に必要な情報を目立ち難くしてしまう元となるため、使用することは推奨されない。

運転中/停止中や開閉の状態を示したいポンプ類やバルブ類の色を目立たせるようにするためには、色変化しない静止機器は比較的目標立たない暗色を採用すべきであると考え。グラフィック機能の向上に伴って、グラデーションを用いて立体的に表現したり、炉内の炎の状態や場合によってはコンベアなどの搬送機器を動くように見せるようにしたりすることが可能となっているが、運転に重要な情報を目立たせることを優先すべきであり、静止機器や周辺機器を必要以上に凝って見せることは慎むべきことである。この考え方は他の参考文献においても支持されている[29, 34]。

3.2.6 背景色

黒の背景に明度の高い描画要素を配置するとコントラストが大きくなり、長時間監視するオペレータは目の疲労を伴うようになる。これを防止するため、背景色にグレーの採用が推奨されている[29, 35]。

実態として黒が主流となっているが、表示色との対比を考えたとえで、濃いグレーを背景色に採用することも検討する必要がある。またその際には前景色の明度を少し高めにして、描画内容が背景色に埋もれてしまわないようにすることが必要である。

3.2.7 画面の密度

今回のアンケートでは画面の密度について定量的な質問を設けることが難しかったため調査は実施していないが、「設計者しだいで密度の高い画面も存在する」という回答が 50%を超えた。画面密度についてのガイドラインを設定しているのは 7%に過ぎず、オペレータの意見で適切な密度にしているところが約 30%であった。

画面内に情報を詰め込みすぎると、オペレータの負担が大きくなり、目的の情報を探し出すことが困難になってしまうおそれがあるが、逆に密度の低い画面ばかりであると一連の操作を行うために画面の切替え回数が増えてしまうことになる[36]。

これまでの研究では、画面に表示する文字のサイズを視野角で評価するなどの手法を用いているが、文字サイズ以外にもラインの密度、描かれているポンプや調節弁などの機器の数など、様々な要素を総合的に判断する必要がある。多くの情報を詰め込むために、特定の画面や画面内の一部だけを通常と異なるフォントサイズとすることは、システム全体の統一性を欠いてしまうことになるため、実施すべきではない。

グラフィック画面の表示密度について、例えば盛り込む計器の数についての制限を設けるなどのガイドラインを考えることも可能ではあるが、これを厳密な意味での制約条件にすることはできない。今後、グラフィック画面の描画要素に分解して定式化し、何らかの計算式を用いて描画密度の制限を設けることをさらに検討していくべきである。

ここで画面の密度に関連して、プロセスフローの分割方法について触れておく。

通常、プロセスのフローは非常に長いものであって、これを工程と呼ばれる機能的にまとまった単位で分割し、複数のグラフィック画面を用いて表示が行われる。すなわち、プロセスフローは分割できる箇所がある程度決まっており、任意の場所で分断はできない。プラントの異常や変動時の対応など、一連の操作を行う際にはグラフィック画面を切り換える回数が少ないことが好ましいため、画面の密度を考慮したうえで、操作のまとまりの単位でプロセスを区切ってグラフィック画面を作成することが必要となる。

操作のまとまりの単位ではグラフィック画面の密度が高くなりすぎる場合や、画面の面積が狭くて描画しきれないような場合には、例えば反応系の画面から冷却系統を別画面に分割したり、コンプレッサ画面からオイル循環系統を別画面に分割したりするなどの工夫が必要となる。

3.2.8 画面切替え手段

DCS のオペレータコンソールの標準的な構成としては、キーボードとしては

専用のメンブレンキーボードが装備され、キーボード1基に対して画面は1台、または2段積みの2台で構成される。これを1セットのオペレータコンソールとして、通常、冗長性を持たせるためにも、また、複数のオペレータで多くの設備を監視操作するために、複数台のオペレータコンソールが並べて設置される。(図 1.1 を参照)

表示されている画面を切り換えるために、DCS のハードとして供給されているメンブレンキーボードを用いた標準切り換え手段は、以下のようなものがある。

- (1) キーボードに割付けられた画面ワンタッチ呼び出し
- (2) キーボードからの前後ページへの移動
- (3) キーボードからの上位階層画面への移動

また、グラフィック画面の下部には、8 個程度の押しボタンが表示可能であり、任意の画面を呼び出す目的で使用が可能である。押しボタンに描く文字も同様に定義できる。

これらのほか、グラフィック画面では任意の場所をマウスでクリックして様々な画面を開いたり或いは計器を呼び出したりするよう、定義が可能となっている。

先に述べたようにグラフィック画面に表示が可能なのはプラント全体のプロセスフローのごく一部であり、前後の工程や、その他の関連する工程の表示された画面に移動が必要となる場面は多い。現在表示中のグラフィック画面に描かれたラインの先にある工程、または、ラインが流れてくる元となる工程の画面を表示させる際には、ラインの延長上にある工程の画面を表示させるという意識を持って操作を行えることが望ましい。

このため、図 3.12 に示すように、ラインの接続先を示す 5 角形の記号(「矢羽根」などと呼ばれる)をクリックすることで接続するグラフィック画面に切り換える方式を採用することを推奨する。図中の横向き 5 角形の部分をクリックすると、記載された機器を含むグラフィック画面へと切替わる。

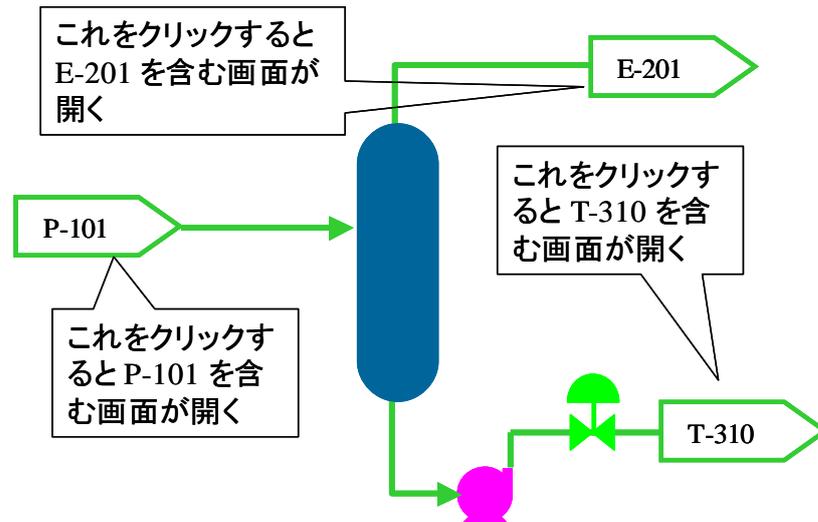


図 3.12 接続する工程への画面切り換え方法の推奨例

3.3 まとめ

第 3 章では、3.1 節において、わが国の DCS 画面の現状に関するアンケート調査を行い、その結果について 3.2 節において考察を実施した。

その結果、以下のような現状が浮かび上がった。

- ・グラフィック画面の描画仕様に関する 1 つの企業全体の統一基準を持っているところは 16%程度と非常に少数である。
- ・グラフィック画面において、赤は異常を表す色であると同時に、ポンプの起動中や停止中の色などとしても用いられており、「赤=異常」という図式が必ずしも成立していない。これは、旧来の JIS の色使いが現在でも残っている影響と考えられる。
- ・ポンプの起動中/停止中、調節弁の開/閉などの状態表現には赤と緑の色変りが多用されているが、赤が異常を表す色とする上述の原則に反する。
- ・ラインの流れの有無による色変りなどは、あまり実施されておらず、複雑なグラフィック画面を作成する労力が大きいことが影響しているものと考えられる。
- ・プロセスラインの色や冷却水ラインの色など、各社にある程度共通的な色使いも一部には存在するが、色の使い方、塗り潰しの有無など、多種多

様な仕様のグラフィック画面が各社で使われており、中には見易さの観点から推奨できないような仕様も存在する。

第4章 グラフィック画面の基本要素の仕様についての検討

本章ではグラフィック画面の仕様に関してあるべき姿の検討を進め、提案する推奨仕様の根拠となる考え方などを整理する。

4.1 使用記号に関する検討

フローシートを元としたグラフィック画面に用いるプラント用の図記号は、JIS では配管図記号[21]や計装用記号[23]などごく一部しか定められておらず、PFD (Process Flow Diagram) や P&ID (Process and Instrumentation Diagram) に用いられるポンプなどの記号は、エンジニアリング振興協会 (ENAA) において「PFD と P&ID 図面記号(ENAA STD 601-88)」として定められている[24]。この標準の中では CAD (Computer Aided Design) 用の図形も意識して示されており、グラフィック画面における機器の表現も、これに準じて決定することが可能である。

グラフィック画面で用いる図記号の例を図 4.1 に示す。



図 4.1 グラフィック画面における図記号の例

遠隔弁については、前章で述べたとおり、アンサバックの形態によって図記号を変えることが考えられる。遠隔弁の図記号については、図 3.10 を参照されたい。

4.2 色使いに関する検討

まずは、グラフィック画面での色の使い方について検討した。

前章で検討したように、JIS C0448 に従って、赤は異常を示す色として用いるべきである。また、同じ JIS に基づき、黄色は注意喚起のための色として用いることにする。

赤は高レベルの異常、すなわちアラーム発報状態や緊急状態を表すものとす

ると、赤と黄色の間であるオレンジ色についても、プレアラーム状態などの低レベルの異常を表す色として位置づけることができる。

これらの色を除くと、暖色としてはマゼンタ（濃いピンク）やピンク（白っぽいピンク）などが、寒色としては、シアン、青、緑などがあり、さらには、DCSではベンダーや機種によっては異なるが、青系統や緑系統で複数の色が定義されている。

稼動中のポンプや回転機器、高温の用役などには暖色、低温の用役には寒色を用い、目立たせる必要の無い部分には暗い色を用いるなど、色の使い方について概略の考え方が構築できる。ここで、どんな目的にどの色を用いるかの優先順位を付けていくと、全体としての色の使い方がほぼ決定できる。

以下に、順を追って、色の使い方についての考え方を示していく。

4.2.1 背景色

前章で述べたように、現状の各社のグラフィック画面では、背景色として黒が圧倒的多数で用いられている。一方で文献では、描画内容と背景との明度の差を小さくして目が疲れにくいように、グレーの採用が推奨されている[29]。

DCSでの運転では、プラントのスタートアップなどのように非定常の操作を長時間にわたって画面に向かいながら実施することもあるが、定常運転中ではアラームの処置や、DCSからのお知らせメッセージに対応した操作が中心となる。それ以外の時間はトレンドの監視や、オペレータが気になるポイントについて、ときどき状態を確認するという程度のことが多く、画面を凝視し続ける時間は数分から十数分と短いことが多いと考えられ、普段は目の疲れを自覚するほどの監視負荷は掛かっていないものと考えられる。

また、後述する画面の比較検証の結果でも、オペレータは目の疲れについてさほど気にしておらず、情報をくっきりと読み取れることからグレーよりも黒の背景のほうを好む傾向にあることが分かった。

したがって、グラフィック画面の背景色としては黒を採用することで問題が無いものと考えられる。また、黒以外に濃いグレーも背景色の候補として考えうることを併記しておくこととする。

4.2.2 ポンプや電動機の色

連続稼動プラントにおいては、ポンプや電動機は運転を継続するために非常に重要な機器であり、グラフィック画面において、これらの稼動状態と停止状態は明確に表現されるべきものである。

先に述べたように、これまでのグラフィック画面においては赤と緑がポンプや電動機の状態を表す色として用いられていたが、赤は異常状態やアラームを示す色であり、緑はラインの色として一般的に用いられているため、運転中や停止中の色としては、これら以外を採用すべきである。

ポンプや電動機が運転中の場合は、これらが動的であり、流体を輸送しているわけであるから、暖色を用いることを考える。一方、ポンプや電動機が停止中の場合は、活性度の低い色を採用すべきと考える。

ここでは、ポンプや電動機の運転中の色としては、暖色で比較的目立つ色としてマゼンタを用い、停止中の色としては活性度の低い色としてグレーを用いることとする。

4.2.3 流体のラインの色

まず、流体が流れているときの色について考える。

ここで、「流れている」とは、動圧が掛かっているという意味であり、調節弁や遠隔弁が閉止状態にあるとき、実際には弁の上流側も下流側も流が無い状態であるが、これらの弁より下流は流れていない色、上流側は流れている色を用いることにする。ポンプについても同様で、ポンプが停止しているときは、ポンプの吐出側が流れていない色とし、吸入側は常に流れている色を用いることとする。真空ポンプについては吐出側（大気側）はサイレンサーなどを經由して常に開放であることも多いため常に流れている色とし、吸入側（真空に引かれる側）を、真空ポンプ運転時に流れている色、停止時には流れていない色とするのがよいと考える。そのほか、蒸留塔の塔頂ベーパーラインは、蒸留塔内の温度が供給液の沸点以上にまで上昇したことなどを条件として流れている色に変化させることも考えられる。

実態では、プロセス流体の色としてはこれまでに述べたように緑が多用されており、各社の共通認識として定着度が高いと考えられるため、緑を採用することとする。

用役の種類としては、高温の用役としては蒸気（スチーム）や加熱用オイルなどの熱媒があり、これに対して低温の用役としては冷却水、冷水、プラインなどがある。このほか不活性ガスとしての窒素や空気も用役である。

高温の用役のライン色としては、暖色の中からピンクを採用し、低温の用役のライン色としては、寒色の中からシアンを採用する。窒素や空気については蒸気（スチーム）と同様にピンクを用いてもよいが、別の色を用いる場合は薄い黄色（クリーム色）が候補となる。注意喚起のための黄色は明るくて彩度も高くっきりとした色である必要があるが、ここではこれと異なり、比較的目立ちにきい色として薄い黄色を用いることを考えた。窒素や空気のライン色として白は明るく目立ち過ぎることと、また、固定文字などと同一の色となってしまうため、採用すべきではないと考える。

次に流体が流れていないときの色について検討する。

考え方として、流体の種類別に流体が流れていないときの色を変える場合と、全ての流体について流れていないときの色を1色に統一する場合とが考えられる。

流体が流れていないときのラインの色を、プロセス流体、蒸気、冷却水などで区別する場合は、それぞれの流体が流れているときの色をベースに、同系色のやや暗い色を採用することで流れていないことを表現すると、色の対応関係が感覚的に理解しやすい。プロセス流体の緑については流れていない色として暗い緑を用いると緑との差異が分かりにくいいため、スチルブルーの採用を考える。蒸気（スチーム）や熱媒は、ピンクに対して紫を、冷却水等ではシアンに対して青を、窒素や空気では薄い黄色に対して茶色を採用する。

流体が流れていないラインについて提案する色の組合せを表 4.1 に示す。

表 4.1 流体が流れていないラインの色についての提案

流体の種別	流れているとき	流れていないとき
プロセス流体	 緑	 スチルブルー
蒸気（スチーム）、 熱媒	 ピンク	 紫
冷却水、冷水、 ブライン	 シアン	 青
窒素、空気	 薄黄	 茶色

流体が流れていないときの色を流体によらず 1 色に統一する場合は、暗い青として、スチルブルーなどの色の採用などが考えられる。グレーも候補としては考えられるが、グレーはポンプや電動機の停止中の色や、調節弁や遠隔弁の閉（全閉）の色として用いることがあるため、これらに加えて流体が流れていないときの色もグレーにすると、多少の濃淡の差を付けたとしても、画面がモノトーンになってしまうため、グレーは採用しない。

流体が流れていないときの色をプロセス流体、蒸気、冷却水などで区別するか、或いは流体によらず 1 色にするかは、議論の分かれるところであるが、前者では使用する色が多くなるが、流れていないラインが多い場合でもどのラインがどんな種類の流体であるかが分かりやすいというメリットがある。このため、プロセス流体、蒸気、冷却水などで区別することを推奨するが、流体の種類によらず 1 色とする方法も許容することとしたい。

4.2.4 調節弁や遠隔弁の色

調節弁や遠隔弁は、開いていて流体が流れているときには、ラインと同じ色か、またはラインと同系色とするのがよいと考える。これは、調節弁や遠隔弁を經由してラインが接続しているように見せるために必要であると考えられる。

ラインと全く同じ色とするとラインに調節弁や遠隔弁が溶け込んでしまい、調節弁や遠隔弁の存在感が薄れてしまう可能性がある。これは、特に画面上に

描かれる本数が多いプロセス流体について言えることである。そのため、調節弁や遠隔弁の開いているときの色を、ラインの流れているときの色と同系色で、ラインに比べて少し明るい色とすれば、調節弁や遠隔弁の存在がある程度目立つようにすることができる。プロセス流体では、流れているときのラインの色は緑であるので、これより少し明るいスプリンググリーンを調節弁や遠隔弁の開の色として採用することを推奨する。

一方、調節弁や遠隔弁が閉じているときの色は、その先に流体が流れないため、共通の色としてグレーを用いることを提案する。グレーはポンプの停止状態を示す色としても用いるため、その先に流体が流れていかないことを示す意味で共通している。

調節弁の開閉状態を描いた例を、図 4.2 に示す。

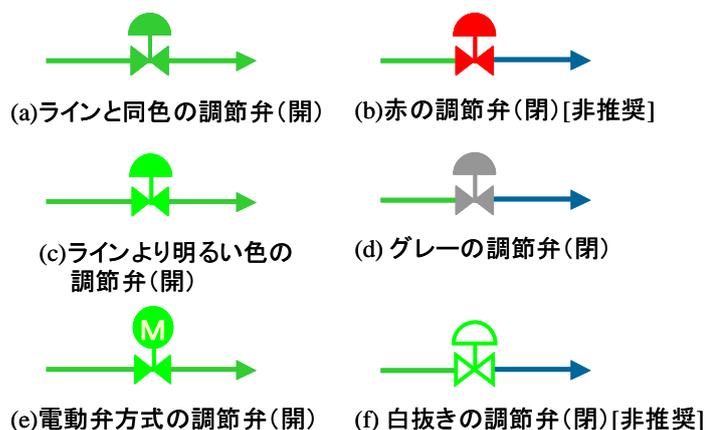


図 4.2 調節弁の描き方の例

4.2.5 静止機器の色

静止機器は、それほど目立たせる必要はないものの、塗り潰しすることによって存在が分かる色を用いるべきであるため、塗り潰しの色としては、暗い青であるスチルブルーを用い、静止機器の外枠については少し明るい青としてディープスカイブルーを用いて描くことを提案する。グラデーションは用いず、静止機器内部の構造（蒸留塔のトレイなど）は描かないようにする。また、攪拌機もモーターとして描くに留め、回転翼は描かないものとする。静止機器についての描画仕様を変えた比較を図 4.3 に示す。

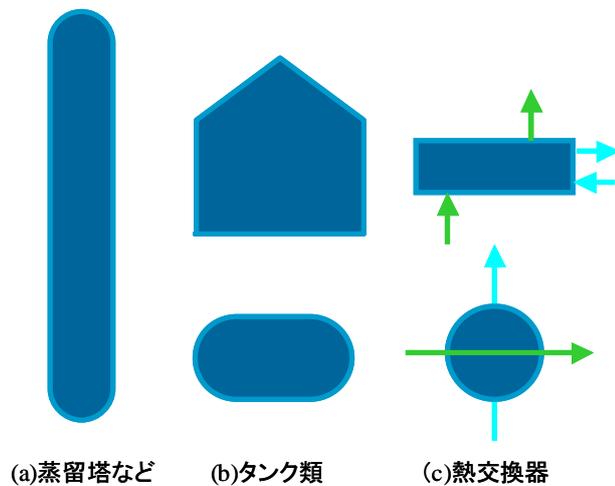


図 4.3 静止機器の描き方の例

4.2.6 センサと計装線の色

計装ラインはセンサと調節弁との間の接続関係や、カスケード制御（上位となる調節計の出力を下位の調節計の設定値として利用する制御方法）の接続状態などを示し、オペレータが必要なときにこれらを確認できるようにしておくためにグラフィック画面に描いておくべきである。

ただし、流量計のすぐ近くに調節弁が存在する流量調節回路の場合は、接続関係が自明であると考えられることもできるため、このような場合のみ計装線を省略するというルールにすることも考えられる。

計装ラインはプロセスラインに比較すると、それほど目立たせる必要はないため、細い点線などで描くようにすることになるが、細くても接続関係がよく見えるようにするため、白を用いることを推奨する。

センサについては、機器や配管のどの位置に設置されているかが重要となる場合があるため、調節計のみならず、指示計であっても可能な限り記載することとする。指示計の場合は計装線を描く必要はない。

センサの表示色は、位置がある程度ははっきりと分かるように、黄色或いはオレンジを用いることを推奨する。

カスケード制御の計器については、下位の制御ループを示す計装線の途中で合流させる形式で描くようにする。

なお、計装線は、センサ記号の中心を通るラインの方向に、センサ記号の円周から描き始めるものとし、センサ記号の円周に接する方向には描き始めないようにすべきである。一方、調節弁と計装線との接続は、調節弁の頭の半円部分から垂直方向に描き始めても、円周方向に描き始めても構わない。

計装線の描き方の例を図 4.4 および図 4.5 に示す。

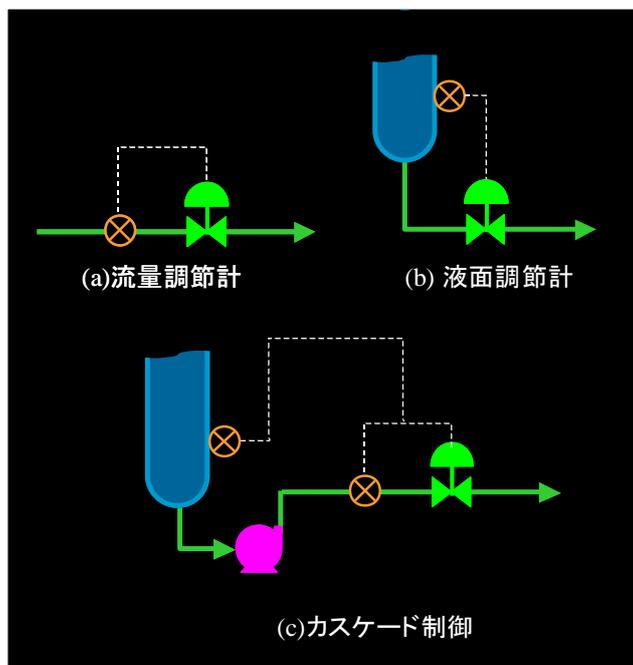


図 4.4 計装線の描き方の例

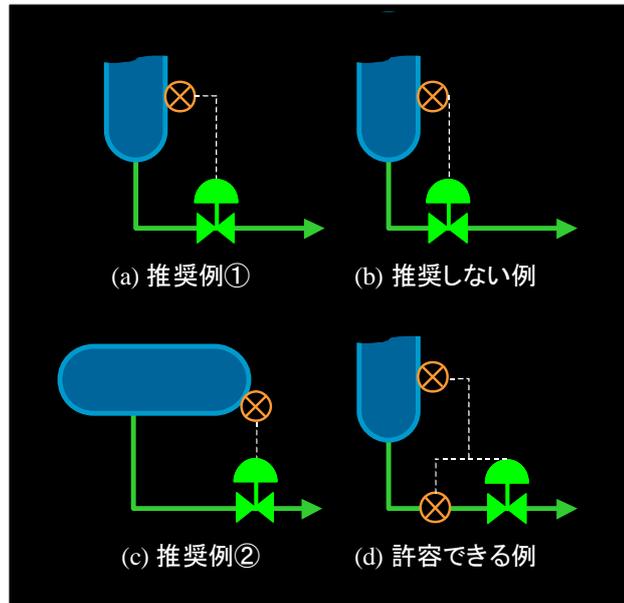


図 4.5 計装線の取り出し方の例

4.2.7 数値表示の色と表示方法

黒の背景に描いて認識しやすい文字の色としては、白、黄色、シアンなどが考えられる。これらのうち、白はニュートラルなイメージであるので、画面の表題や計器を識別するためのタグナンバ、表示する数値の単位、そのほかの固定的な文字の色として用いることを考える。黄色は注意喚起のための色なので、文字の色としては通常は使用しないこととする。

したがって、数値表示の色はシアン（水色）を用いることを提案する。単位を白い文字とすると、その隣でシアンの数値が引き立つようになる。また、シアンの数値を白文字の単位の表示よりも少し大きなフォントサイズを採用すると、数値が際立ってより見易くなると考えられる。

調節計の場合はプロセスの現在値（PV 値と略記される）以外に、調節計の動作の目標値（設定値とも呼ばれ、SV 値または SP 値と略記される）と、調節計から調節弁（CV）への出力値（MV 値または OP 値と略記される）が通常よく監視される値である。そのため、グラフィック画面における調節計の数値表示は、現在値（PV 値）以外に目標値（SV 値／SP 値）および出力値（MV 値／OP 値）を併記することが多い。これらを併記する場合は、上下に並べて表

示することになるが、数値の項目名を数値の左側に表示させることになる。

目標値（SV 値／SP 値）を表示する場合は、現在値（PV 値）と区別しやすいように目標値（SV 値／SP 値）の色を明るい緑にすることを推奨する。

グラフィック画面における数値の表示例を図 4.6 に示す。

なお、目標値（SV 値／SP 値）および出力値（MV 値／OP 値）を併記する場合、その順序にも考慮を要する。現在値（PV 値）が最も重要な数値であるため、現在値（PV 値）を一番上に記載するという考え方のほかに、目標値（SV 値／SP 値）が上から与えられ、これと現在値（PV 値）との差などを元に調節計としての計算が行われ、その結果が出力値（MV 値／OP 値）として出力されるため、目標値、現在値、出力値という順番に表示することも考えられる。

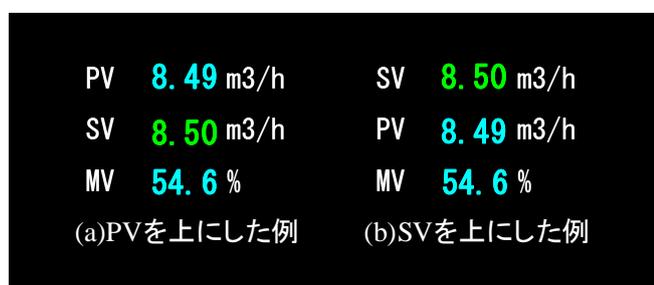


図 4.6 グラフィック画面における数値表示の例

4.2.8 色の使い方についてのまとめ

以上の考察をもとに、グラフィック画面で用いる色とその意味合いについて、表 4.2 に整理する。

表 4.2 グラフィック画面における色の使用方法についての提案

	赤	異常、アラーム状態		スプリング グリーン	プロセス流体の調節弁、 遠隔弁の開
	黄	注意喚起、窒素ライン、 センサ記号、計装線		白	タグ名、単位などの固 定文字
	緑	プロセス流体ライン色		ディープ スカイブルー	プロセス流体ライン流れ無し 静止機器塗り潰し色
	シアン	冷却水ライン色、 数値表示色		青	冷却水ライン流れ無し
	ピンク	スチームライン色		紫	スチームライン流れ無し
	マゼンタ	ポンプ運転中		スカイブルー	静止機器の枠色
	グレー	ポンプ停止中、 調節弁、遠隔弁の閉		黒	背景色 (濃いグレーでも可)

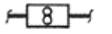
4.3 制御系の描き方に関する検討

調節計などの制御系の描き方については JIS Z 8204「計装用記号」の中で定められている。

しかし、グラフィック画面においては、調節計は、特別の場合を除いて描かなくても、制御ループを示すことが可能である。

上述の JIS Z 8204 では、センサの描き方について表 4.3 に示すように、流量計の検知方式の違いなどによって、センサの種別ごとに記号が定められている。しかし、グラフィック画面においては、流量計の種類までは区別して表示する必要はなく、1種類の記号のみで十分であると考えられる。ここでは、JIS Z 8204 で伝送器の記号として設定されている記号（小さい円の中に×を重ねたもの）をすべての種類のセンサに共通の記号として用いることを提案する。

表 4.3 JIS Z8204 における流量計の図記号（抜粋）

種別	記号
オリフィス	
ベンチュリー管	
ノズル	
面積式	
容積式	
電磁流量計	

調節計などの計器の表記については、JIS Z 8204 では図 4.7 のような円記号を用いることとしている。しかし、グラフィック画面において計器の円記号は、当該の計器をマウス操作で呼び出す際のクリックする対象として用いることが出来る以外は何らの必要性がなく、画面上にスペースを取ってしまうため、描く必要はないと考える。

計器をマウス操作で呼び出す際のクリック対象としては、当該計器の数値表示部分を使用することができる。また、カスケードの上位計器の場合を除き、通常の調節計の出力には調節弁が接続されていることが多く、計器をマウス操作で呼び出す際のクリック対象として調節弁を利用することが可能である。

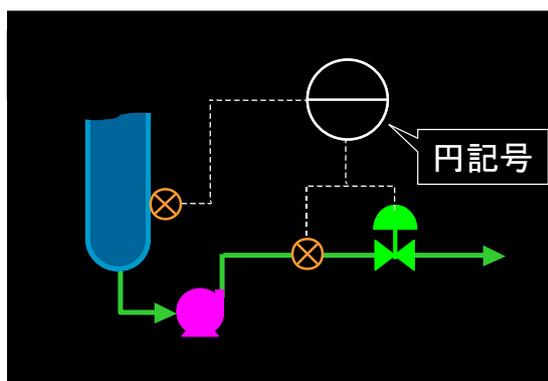


図 4.7 調節計の円記号の例

4.4 描画要素の配置に関する検討

プラントの変調やトラブルが発生したときには、その原因を究明したり、定常状態とは異なる状態において様々な回復処置がオペレータによって実施されたりする。そのため、原因究明に役立ち、また、回復処置中の過渡的な状態を把握しやすいようにする目的で、オペレータは、多少画面密度が上がってもグラフィック画面にはできるだけ多くの情報を盛り込んでおくことを望んでいることが多い。例えば、制御ループの状態や制御ループの結合を表す計装ライン、調節計からの出力値などは、定常運転状態にはあまり気に留めない情報であるが、非定常な運転を行っている間は非常に重要な情報となるため、グラフィック画面に表示しておくことが必要となる。

多くの情報を盛り込みながら、かつ、全体をすっきりと見せるための工夫としてグラフィック画面上の機器の配置、すなわち画面内のレイアウトが画面を設計するうえで非常に重要な要素となる。高い密度のグラフィック画面であっても、描かれている内容が整然と配列されていることで、情報過多による圧迫感を軽減することができる。と考える。

また、主要な機器が整然と縦や横に配列されたグラフィック画面では、機器の位置関係が記憶に残り易く、機器をマウスでクリックしての計器を呼び出す操作を、迅速に行うことが可能である。

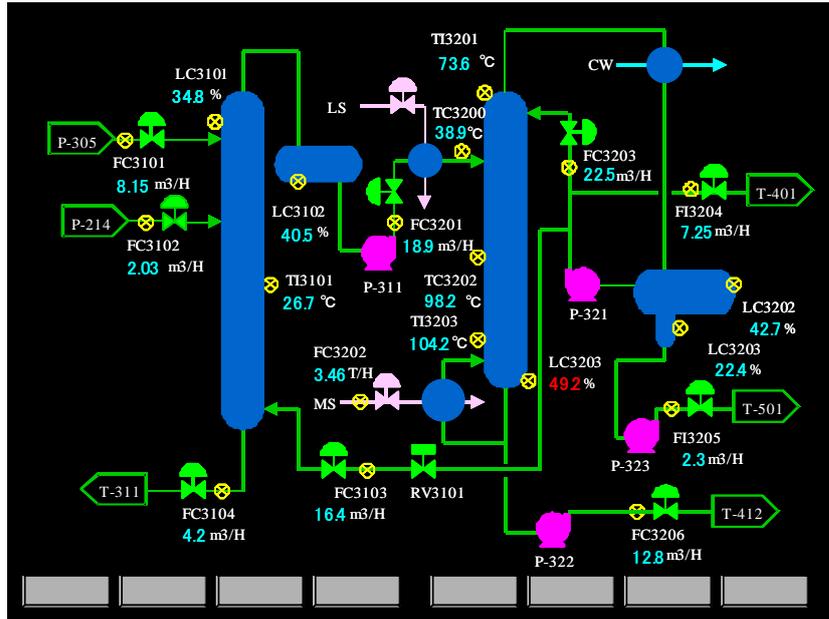
ここで、縦や横に配列させる機器としては、ポンプ、調節弁および遠隔弁などが考えられる。また、数値表示についても同様に縦や横に配列させることで、一覧表のようなイメージとなり、数値の表示されている場所が記憶しやすくなる。

タンクヤードのようにタンクが複数並んだ画面においては、タンクを整列させて描くことは当然のことである。蒸留塔や蒸発缶などが複数並んだ画面では、これらの機器の大きさや高さを統一して描くよりも、機器間の実際の大小関係や高さ関係に従ってある程度忠実に描くほうが、違和感が無くてよいと考える。

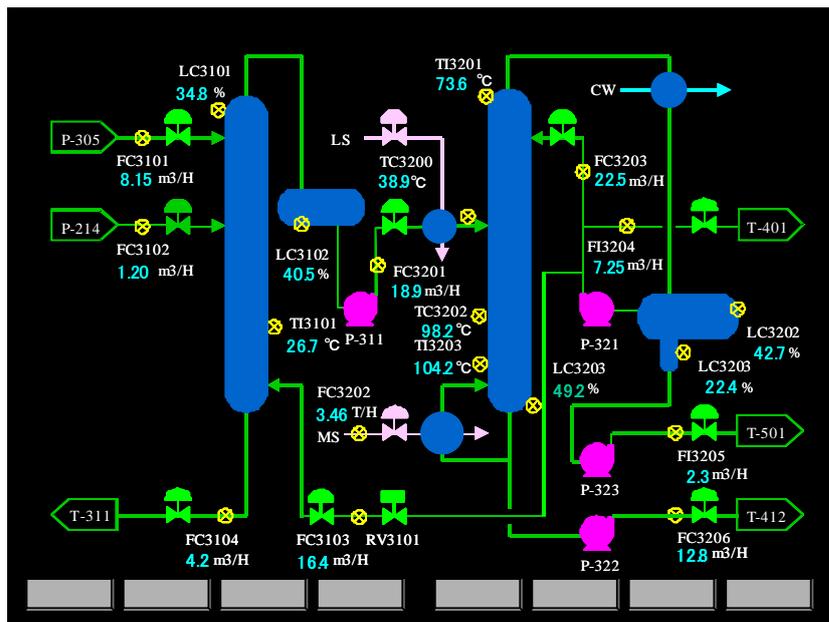
機器や数値表示を整然と縦や横に配列させるためには、配列させない場合に比べて余分のスペースが必要となりそうに思われるが、実際に描いてみれば、従来の画面に比べてそれほどスペースを圧迫せずに整然とした画面を作成することができる。と分かる。

機器を整然と配列させて作成したグラフィック画面と、機器の配置を特に意識しないで作成したグラフィック画面の例を図 4.8 に示す。

なお、グラフィック画面での機器の整列や配管の引き回し方を修正する場合においては、当然のことであるが配管が分岐や合流する位置や順序などの位相的關係（トポロジー）が、P&ID に記載された元の関係を崩さないよう留意しなければならない。



(a)機器の配置を意識しないで描いた例



(b)機器の上下左右に揃えて配置して描いた例

図 4.8 機器の配置を考慮して描いたグラフィック画面の例

機器の配置を縦や横に揃えること以外に、1枚のグラフィック画面の中に左右に複数の系列が存在する場合には、左右の対象性についても考えた上で描画を行うことが望ましい。左右対称性を考慮した描画の例を図4.9に示す。

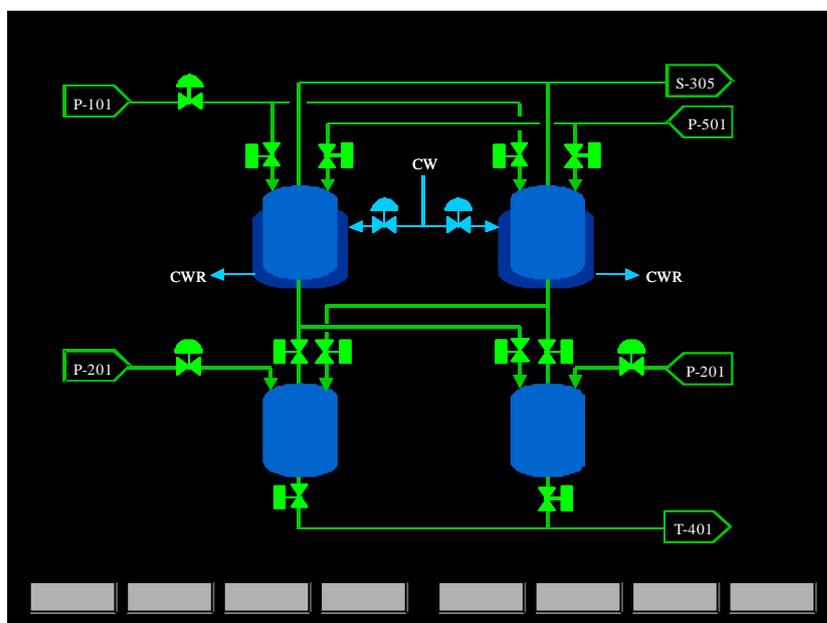


図 4.9 左右対称性を考慮して描いたグラフィック画面の例

4.5 その他の要素の描き方についての検討

4.5.1 アラーム状態の表示

DCS においては調節計や指示計などの計器ごとにアラームが発報する値（アラーム設定値）を予め設定しておくことができ、プロセス値がアラーム設定値を超えて変動していくと、その計器でアラームが発生する。アラームの種類には、HI（上限）アラーム、LO（下限）アラームのほか、さらに変動が大きくなった場合に備え、HH（上上限）アラーム、LL（下下限）アラームが用意されていることが多く、そのほか、プロセス値と制御設定値（目標値）との差が大きくなったことを示す偏差アラーム、制御出力値が所定の範囲外にまで変動したことを知らせる出力値に対するアラームなどがある。

発生したアラームへの対処を容易にするため、グラフィック画面においてはアラームが発生した計器に該当する数値表示や調節弁などを、アラーム発生時に赤などに色変化させるようにすることが多い。

遠隔弁（ON/OFF 弁）の場合は、DCS から開/閉の信号を出力し、通常は数秒以内に実際に開閉されたことがリミットスイッチからの信号によって確認されるが、この応答が遅い場合や、開/閉の出力信号を変化させていないにも関わらず突然に開/閉状態が勝手に変化した場合には、DCS ではアンサ異常アラームが発生する。アンサ異常アラームが発生した場合、グラフィック画面においてはアラームが発生した遠隔弁を同様に赤に変化させてアラーム発生箇所を示すことが通例である。

ポンプなどの電動機の起動/停止の場合も同様に、起動/停止に従って実際にポンプなどが起動/停止しない場合や、起動中のポンプなどが停止信号を出力していないにも関わらず突然に停止した場合などにも、アンサ異常アラームが発生するように設計されていることが多い。この場合にもグラフィック画面においてはアラームが発生したポンプなどを赤に変化させてアラーム発生箇所を示すのが通例である。

これら以外に、複数の計器の情報から演算を行った結果に対するアラームなど、より複雑なロジックでアラームを検知している場合もあり、単独の機器や計測値に対応させることのできないアラームも存在する。このようなアラームの発報をグラフィック画面で表示させる場合には、アラーム内容を示すテキストボックスや文字列、或いは警報表示灯のような長方形を色変りさせるなどの工夫が行われる。

通常、グラフィック画面の設計ではアラームに伴う色変化させる際には、同時に点滅させて、新たなアラームが発生した箇所が分かり易いように設計する。この点滅動作は、キーボードの確認キーを押す操作が行われるまでの間、継続する。アラーム発生箇所を点滅させる際の仕様としては標準的には赤などアラーム発生時の色と背景色の黒とを1秒またはそれより短い周期で交互に色変化させるようになっている。このため、例えばアラーム発生の際に数値を点滅させると、半分の時間では数値表示を読み取ることができないという問題と、赤はやや暗い色であるため、黒の背景の場合は数値を読み取りにくいという問題点がある[29]。

これを防止するための解決策として、数値は色を変えたり点滅させたりせず、アラームが発生した数値表示を赤枠で囲んだり、数値表示の近くにアラーム発生時に赤のマークを表示（アラーム発生していないときには背景と同じ黒にして見えなくしておく）させたりする方法などが考えられる。

数値表示についてのアラーム状態表示の方法を図 4.10 に比較して示す。

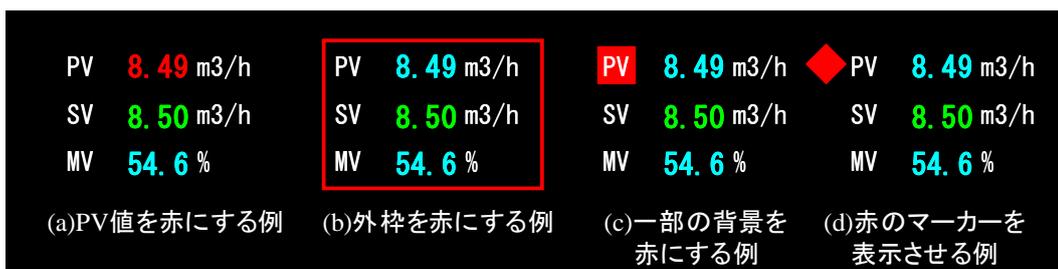


図 4.10 数値表示についてのアラーム発生時の表示の例

4.5.2 ラインの描き方

流体についてのラインの色や色変りについては、4.2.3 ですすでに述べた。

ラインの太さについては、特に流れが複雑なグラフィック画面を描く場合、原料から製品にまでつながっていくルートにあたる主要なラインがある程度目立つことが、グラフィック画面を構成するフロー全体を即座に把握しやすいと考えられるため、主要なラインを太く、それ以外のラインを細く描くことを推奨したい。ただし、DCS では暗い色で描かれた細いラインが背景の黒に溶け込んでしまっ見えづらいことが起こりえる。このような状態になるのを避けるため、ラインが主要であるか否かでラインの太さの違いを設ける場合には、細いラインに流れが無い状態で暗い色に色変りしている場合であっても、ラインが十分に認識できる程度の太さは最低限確保する必要がある。

上下のラインと左右のラインとが交差する場合については、一方のラインを分断して表現するのが通例である。ラインを分断して表示すると流れを追いかけにくくなることもあるため、ラインの接続関係（トポロジー）が変わらない範囲で引き回し方や機器の位置関係などを変更し、できるだけ交差を減らすように考えて描く必要がある。ラインの引き回し方を変えることによって交差の数を減らせる例を図 4.11 に示す。

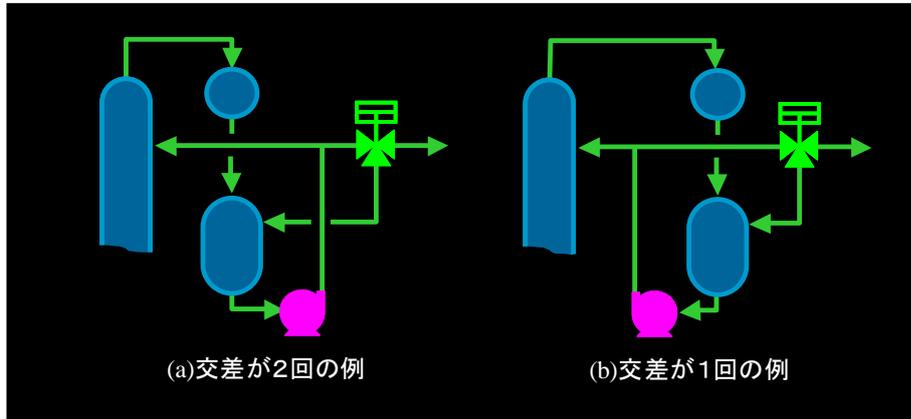


図 4.11 ラインの交差を減らして描ける例

また、ラインの交差については、どちらのラインを分断するかについてある程度のルールを設け、秩序のある交差の描き方としておくべきである。ラインの交差に関するルールの例を表 4.4 に示す。特に、図 4.12 で赤丸で示したように、ライン同士に複数回の交差が生じ、一旦は手前を通ったラインが次には奥を通るような描き方をして、ねじれて見えることの無いよう、交差のさせかたには注意が必要である。

表 4.4 ラインの交差についてのルールの例

交差するラインの組合せ	手前に見せるライン (例)
縦のラインと横のライン	原則として横を優先
太いラインと細いライン	太いラインを優先
プロセスラインと用役ライン	プロセスライン
定常ラインと非定常ライン	定常ライン

そのほか、並行して描かれるラインは等間隔に描くことや、複数の異なるラインを左右や上下に延長線上に揃えて描くことなども考えられる。これらについての描画例を図 4.13 および図 4.14 に示す。

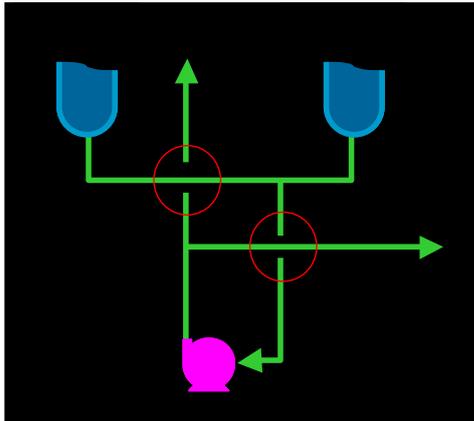


図 4.12 ラインが 2 回交差してねじれて見える例

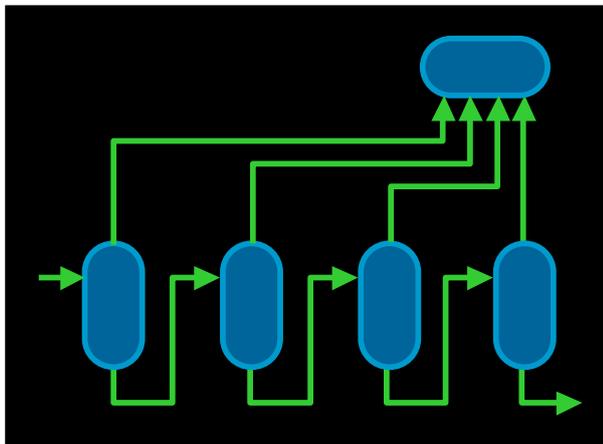


図 4.13 ライン間隔を揃えた描き方の例

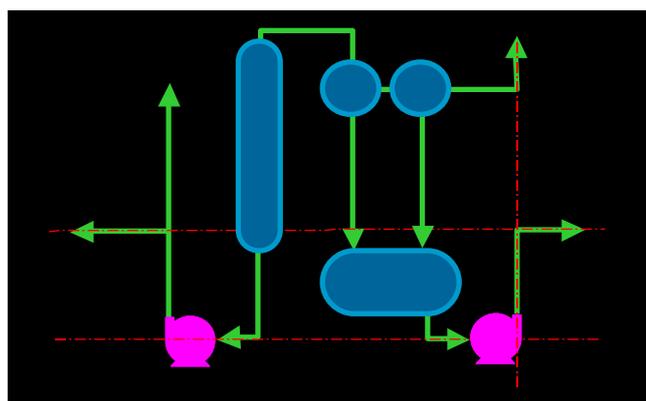


図 4.14 ラインを延長上に揃えた描き方の例

4.5.3 制御ループの状態表示

制御ループとは、通常、プロセスを一定の状態に連続運転させるために、調節計の目標値にプロセス値が近づくように、操作出力値を制御するフィードバックループのことを指す。

調節計は、プロセスの状態によっては制御を行わせることができるとは限らず、調節計動作を休止させて操作出力値をオペレータが直接操作を行う MAN モードが存在する。これに対して、調節計が動作をする場合を AUT モードと呼ぶ。このほか、制御ループによっては上位ループから設定値を受け取って制御を行う CAS モードや、DCS の外部の上位コンピュータからの信号によって AUT 制御を行うモードなどが存在する。

調節計が AUT であるか MAN であるかなどの情報は、オペレータが操作出力を直接操作する必要があるか無いかを示すため、非常に重要なものである。

定常運転状態においては、制御ループのほとんどが AUT 状態にあることが多いが、プロセストラブル対応時などには一部の調節計を MAN 状態に変更して操作を行うことがある。このため、オペレータはどの調節計が MAN 状態にあるのかを的確に把握する必要がある。

調節計の詳細画面を開けば、調節計の状態が AUT であるか MAN になっているかはもちろん把握が可能であるが、グラフィック画面においてどの制御ループが MAN 状態であるかなどを示すことは非常に重要な機能となる。

グラフィック画面において、制御ループの状態を示す方法の 1 つは、制御ループを構成する調節計のタグナンバ（通常、数値表示と共に記載される）のあたりに部分などに図記号などで制御ループの状態を表示することである。もう 1 つの方法は、制御ループの操作端である調節弁の近くに図記号などで表示することである。カスケード制御の上位ループなどのように、操作端が調節弁としては存在しない場合は、前者のように数値表示やタグナンバ表記の部分に制御ループの状態を表示するしかない。

図記号としては、「AUT」「MAN」と文字で表示させることが最も単純であり、表示させる文字の色を AUT と MAN で変えることで、認識がし易くなるを考える。そのほか、AUT を「A」、MAN を「M」と略記したうたうえで反転文字にして背景色を変化させる方法、同様に「A」と「M」の文字を異なる色と形の背景に表記させる方法などが考えられる。

制御ループの状態の表示例を図 4.15 に、図記号の提案を図 4.16 にそれぞれ示す。

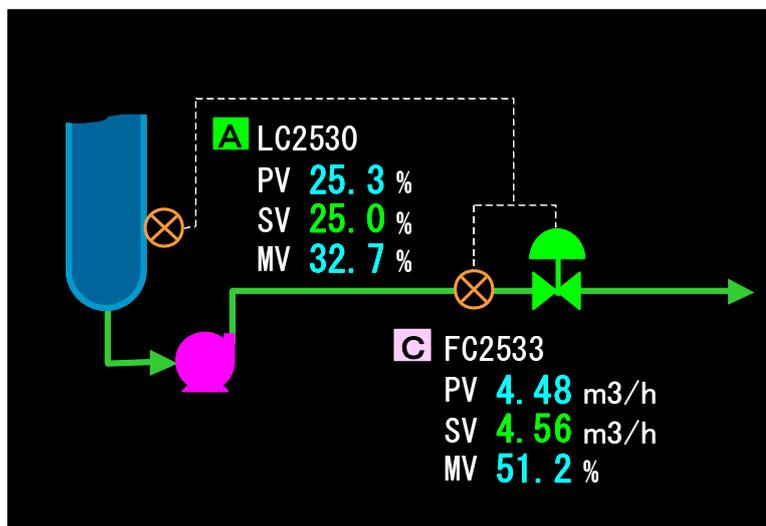


図 4.15 制御ループの状態の表示例

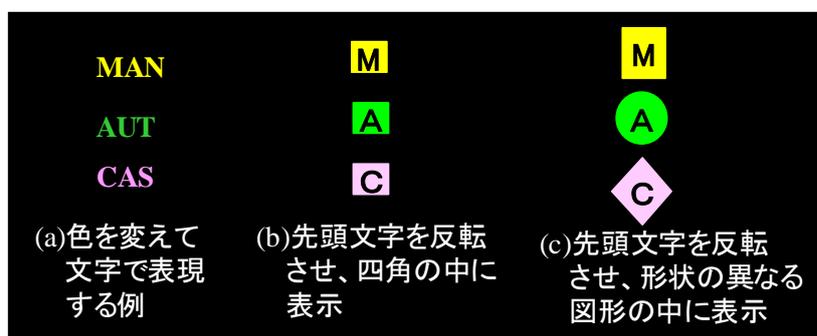


図 4.16 制御ループの状態を表す図記号の例

4.5.4 固定文字の表示

グラフィック画面には、計器のタグ名、静止機器およびポンプなどの回転機器についての機器名や機番、数値表示の際のアイテム名（PV,SV/SP,MV/OPの区別の表示）と工業単位、そしてグラフィック画面のタイトルなど、種々の固定的な文字を描くことが必要となる。これらの文字は、白で描くことを原則とする。ただし、上に述べた固定文字すべてについて白を採用するとタグ名と

機番の区別が付きにくくなるなどの問題点もあるため、機番については明るい青（ディープスカイブルーなど）を採用することも考えられる。

固定文字に使用するフォントは、ある程度は太くて見えやすいものが必要であるので、ゴシック体フォントの使用が望ましく、明朝体は推奨されない。必要に応じて太字(Bold)を採用する。

文字の大きさについては過去の研究[27, 36]や JIS 規格[37]があるが、認識がある程度容易な大きさとし、高齢者など視力が十分でないオペレータであっても読み取るのに無理が無い大きさのフォントの使用が必要である。

4.5.5 液面バー表示

タンクや蒸留塔などの液面や、分離層などの界面については、プラント運転管理上で特に注意を要する値である。これらについては数値表示だけではプロセス全体の状況やバランスが頭に入りにくいいため、プラントに設置されている液面ゲージ（タンクなどの液面を、タンクに窓を設置したり連通管を用いたりすることで、ガラス窓から見えるようにしている仕組み）のように、グラフィック画面に描かれた機器に重ねて、縦棒グラフのような表示で描いて液面位置を示すことが考えられる。液面計が%の単位での表示であれば数値表示だけでもある程度の見当は付くことになるが、液面計の中には液量や液高さを単位とするものもあるため、液面バー表示で計器のスケール（レンジの上下限）に対して、現在の液面がどの程度の位置にあるかを視覚的に見せることが重要になる。

液面バー表示は、液のある部分をシアンや緑で、液の無い部分を黒で示すこととする。上述のように静止機器に重ねて描くようにするため、静止機器の塗り潰し色との識別が可能なように、白の枠を設けることにする。液面計の計器においてアラームが発生している場合には、液面バー表示のシアンや緑の部分を赤に色変りさせることとする。

以上の考えに基づいて描かれた液面バーの表示例を図 4.17 に示す。

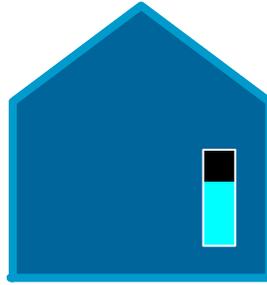


図 4.17 液面バー表示の例

液面は重要な監視ポイントであるが、その変化が比較的遅いことがあるため、トレンド表示や変化の方向をグラフィック画面に表示することが望ましいことになる。外乱があるなどで変動が比較的頻繁に起こり、常時注意を要するような場合は、グラフィック画面の液面計表示の近くに小さなトレンド表示を常時重ねて描くことが考えられる。液面バー表示に小さなトレンドを併記する例を図 4.18 に示す。

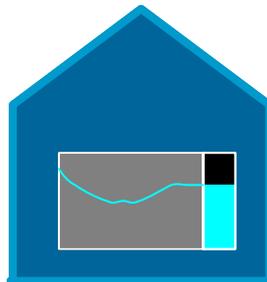


図 4.18 液面バーにトレンドを併記する例

4.6 画面構成と画面間の移動に関する検討

個々のグラフィック画面は、画面枚数が増大するのを防止するために、通常は描画する内容をオーバーラップさせずに描くべきものである。しかし、前後の工程の中間に位置するバルブが、前後両方の工程とも深い関係があるような場合は、両方の工程の画面に含ませることも考えられる。

プラントの規模が大きい場合においては、グラフィック画面の枚数が膨大になり、目的の画面に簡単に到達できない場合が生じる。このような場合は目次

となる画面を作成し、これをベース画面として各工程のグラフィック画面へと移動する階層化が必要となる。

目次となる画面には単純に下位のグラフィック画面名称を列挙するだけでなく、プロセス全体の簡略フロー図やブロック図を描き、その中の1つの工程をクリックすると該当する工程のグラフィック画面が開くようにするなど、全体プロセスの中のどの部分に画面が展開するのかが図的に分かるような手段を用いるのがよい。

また、下位のグラフィック画面からは、全ての下位のグラフィック画面に共通する方法で上位の目次となる画面に戻れるようにしておくべきである。その手段としては、操作卓のキーボードを用いる方法と、上位画面に戻るためのタッチゾーンを全ての下位のグラフィック画面に設ける方法とが考えられる。

画面の階層化は2階層とは限らず、必要に応じて3階層であってもよい。

グラフィック画面の中にはフローシートをベースとしない特定の操作や監視目的のための画面も存在し、これらは上述の階層化された構成の中には含めることが難しい場合もある。そのような場合は、関連する工程のフロー画面から特定の操作や監視目的のための画面を呼び出すことができるようにすればよい。

4.7 グラフィック画面についての提唱する描画仕様

第4章でこれまで検討してきた各項目についての仕様を基に、グラフィック画面についての推奨する描画仕様を表4.5から表4.8に整理する。仕様の詳細についてはそれぞれの記述を参照できるように、参照先の項目番号を併記しておく。

表 4.5 グラフィック画面の推奨する仕様（続く）

描画要素	項目	推奨する仕様	参照
背景色	使用色	黒（または濃いグレー）	4.2.1
画面タイトル	使用色	白	
	描き方	大きめのゴシック体フォントで画面の左上に簡潔にかつ同一の名称が無いように記載する	
静止機器（タンク、蒸留塔など）	使用色	外枠＝ディープスカイブルー 塗り＝スチルブルー	4.2.5 図 4.3
	描き方	グラデーションは用いない 機器の内部構造は描かない	
ポンプ、電動機	形状	(例)  ポンプ ブロアー 真空ポンプ	4.1
	使用色	稼動中＝マゼンタ 停止中＝グレー	4.2.2
	アラーム色	赤に色変り	4.2
プロセスライン	使用色	流れているとき = 緑 流れていないとき = スチルブルー	4.2.3
	描き方	流れの有無で色変りさせる ラインの交差時は一方を分断 ライン間隔が一定となるよう考慮	4.5.2 4.4
用役ライン（スチーム、熱媒）	使用色	流れているとき = ピンク 流れていないとき = 紫またはスチルブルー	4.2.3
	描き方	プロセスラインと同様	4.5.2

表 4.6 グラフィック画面の推奨する仕様（続き 1）

描画要素	項目	推奨する仕様	参照
用役ライン（冷却水、ブライン）	使用色	流れているとき =シアン 流れていないとき=青またはスチルブルー	4.2.3
	描き方	プロセスラインと同様	4.5.2
用役ライン（窒素）	使用色	流れているとき =薄い黄色 流れていないとき=茶色またはスチルブルー	4.2.3
	描き方	プロセスラインと同様	4.5.2
調節弁	形状	以下の例に従い、塗り潰しとする。 (例) 	4.1
	使用色	プロセスラインは明るい緑にするなど、流体のラインと同系統で少し明るい色、または流れているラインと同色 MAN かつ全閉でグレーに色変りさせる	4.2.4 3.2.3(3)
	アラーム色	赤に色変り	4.5.1
ON/OFF 弁 (遠隔弁)	形状	以下の例に従う (例)  リミットスイッチの有無を表現する場合の描き方は以下の例を参考にする。 (例) 	3.2.3(4) 図 3.10
	使用色	開はプロセスラインを明るい緑にするなど、流体のラインと同系統で少し明るい色、または流れているラインと同色、 閉はグレー	4.2.4
	アラーム色	アンサ異常で赤に色変り	4.5.1

表 4.7 グラフィック画面の推奨する仕様（続き 2）

描画要素	項目	推奨する仕様	参照
プロセス値表示	使用色	シアン、目標値は明るい緑	4.2.7
	描き方	必要に応じて目標値(SV 値、SP 値)や出力値(MV 値、OP 値)を記載する。 上から目標値、現在値、出力値の順または現在値、目標値、出力値の順とする。	4.2.7
	アラームの表現方法	アラーム発報時には当該の計器のプロセス値表示全体を赤枠で囲む。(アラームが発生していないときは、枠を黒で見えなくする)	4.5.1
タグ名、工業単位	使用色	白	4.5.4
	描き方	ゴシック体フォントを使用し、数値表示の上部に記載	
機番、機器名	使用色	白またはディープスカイブルー	4.5.4
	描き方	ゴシック体フォントで機器の下側や内部に記載	
液面バー表示	使用色	フルレンジを白枠で示した中にアラーム状態で無い場合はシアンで現在値を示す	4.5.5
	描き方	タンクや蒸留塔などの機器に重ねて描く。幅は数 mm 程度と細くし、機器の幅全体には描かない。	
	アラームの表現方法	アラーム発生時にはバーの色を赤に変化させる。	
センサ（計装点）	使用色	黄色またはオレンジ	4.2.6
	描き方	センサの種類によらず 1 種類とする ⊗	
計装線	使用色	黄色または白	4.2.6
	描き方	破線でセンサ記号と調節弁などを結ぶ	
調節計（計器）	描き方	計器の円記号は描かない。	4.3

表 4.8 グラフィック画面の推奨する仕様（続き 3）

描画要素	項目	推奨する仕様	参照
制御ループの状態	描き方	MAN,AUT,CAS を、「M」「A」「C」などの頭文字を図形の中に反転させて示す	4.5.3 図 4.5
	使用色	MAN=黄色、AUT=赤、CAS=ピンクのように、ステータスごとに色を決めて形状の変化と同時に色変化をさせる	
画面の切替え方法	仕様	ラインの端に 5 角形の矢羽根を描き、その中に流れていく先（または元）の静止機器の機番を記載する。5 角形の矢羽根部分のクリックで画面が切替わる	3.2.8
計器の呼出し方法	仕様	数値表示や調節弁をクリックすることで当該の計器を表示	3.2.8
機器等の配置	描き方	静止機器は実際の大きさや高さ等にある程度従ってバランスを考慮する。ポンプ同士、調節弁同士などは、可能な限り上下や左右に並べて描くようにする。ただし、ラインの交差や折れ曲がりが極端に増えないよう工夫する。	4.4
ラインの交差、間隔	描き方	不要な交差を無くし、交差させる場合の上下関係のルールを定めてそれに従って描く。並行なラインは等間隔に整然と描く	4.5.2

4.8 まとめ

第4章においては、第2章のアンケート結果とその考察や、その他の文献などを参考とし、グラフィック画面の仕様についてのあるべき姿を、それぞれの構成要素別に検討を行った結果を示した。そして、最終的にグラフィック画面の設計標準としての推奨仕様案を提案した。

グラフィック画面を構成する各要素の使用色については、確定のできるものから順に決定を行っていき、全体としてバランスが取れていることを表4.2において確認を行った。

また、そのほか、各描画要素の描き方や、色変りのあり方などについても、それぞれ提案を行い、最終的に各描画要素の描き方や使用色などについて提唱する標準仕様を表4.5から表4.8にまとめた。

これらのグラフィック画面の標準仕様に関する提案が妥当なものであるか、そして実際にプラントを運転するオペレータはどのような評価を行ったかについては、第5章において記述する。

プラント運転において、定常運転時はもちろんのこと変調時や緊急時を含め、オペレータに適切で安定したオペレーションを期待するためには、必要とする数多くの情報がコンパクトに、かつ、識別しやすい状態でグラフィック画面にまとめられていることが必要である。そのためには、グラフィック画面全体の統一性や色使いなどのバランスを配慮した設計仕様となっていることが必要である。

提案するグラフィック画面の推奨仕様案では、オペレータがトラブル原因究明などの場面で必要とする情報を出来るだけ盛り込み、かつ、画面が高密度に見えずにすっきりと見せるための手法を含め、オペレータに取って受け入れられ易い配色などのルールを検討して提案を行った。

このグラフィック画面の推奨仕様案を採用することにより、思想的に統一された画面が設計製作することができ、運転管理の効率化やミスオペレーションの防止が達成でき、プラントの安全や信頼性の確保がより容易になるものと考ええる。

第5章 グラフィック画面のオペレータによる評価

第4章で提唱するグラフィック画面の描画仕様が、実際にプラントを運転するオペレータにとって、受け入れられるものであるかを確認するため、以下に述べる方法で代表的な項目についての調査を実施した。

回答を依頼するオペレータには、交替勤務などの中で時間を捻出して調査に協力してもらうため、設問のボリュームがあまり大きくなりすぎないように配慮し、設問は厳選して調査を実施した。

以下に、調査の方法と評価結果について考察を行う。なお、実際に回答を依頼した際の依頼文や設問資料および回答用紙は、付録Cとして巻末に添付する。

5.1 オペレータによる評価の実施方法

この調査は、化学会社や石油化学会社のオペレータを対象として実施した。回答は、DCSでの運転経験年数5年以上のオペレータまたはオペレータ経験者に実施していただくよう、お願いした。

質問の形式は、画面の一部の仕様のみが異なる2枚のDCSグラフィック画面のサンプルをパソコン上で静止画として比較しながら見てもらい、どちらが好ましいと思うかを5段階の選択肢から選んで、回答用紙に記入してもらうものである。併せて、なぜそのように思うかの理由や意見等を、コメント欄に記入していただいた。各設問に対するコメントは、付録Cとして巻末に添付した。

5段階の選択肢は、比較する2枚の画面をAおよびBとし、以下のように設定した。

1. A画面がよい
2. どちらかというともA画面がよい
3. どちらとも言えない
4. どちらかというともB画面がよい
5. B画面がよい

職場で普段の運転に使用しているグラフィック画面と似ているかには関係なく、画面を使って運転する立場で考えてみて、見やすい、あるいは、見たい情報を見つけやすいなど、素直な感覚で判断してお答えいただくようお願いし

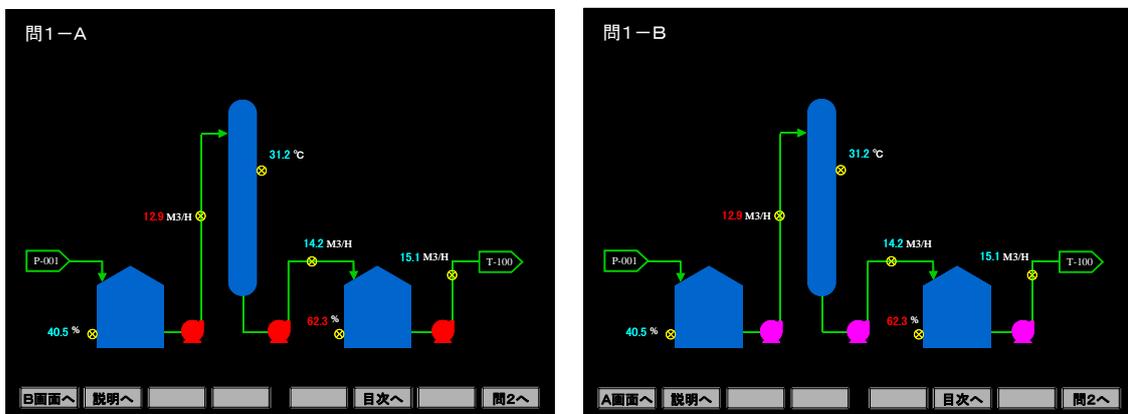
た。

5.2 オペレータによる評価結果と考察

以下に、質問項目ごとに、回答の結果と考察を示す。

5.2.1 ポンプ運転中の色

ポンプ運転中の色について、図 5.1 に示すように、(A)赤、(B)マゼンタ、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)赤を用いた例

(B)マゼンタを用いた例

図 5.1 運転中のポンプの色についての設問

運転中のポンプの色は、Bのマゼンタがよいとする回答が 40%余りを占め、「どちらかというともBがよい」を合わせると約 60%がマゼンタを支持した。回答の分布を図 5.2 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.57 点となった。

赤は異常を示す色であって、運転中を示す色としては適切ではないとする意見が多数であった。一方で、マゼンタは薄い色で見えにくいという意見や、運転中ポンプはラインと同じ色がよいとする意見もあった。

第 2 章での調査の結果では運転中や停止中のポンプや電動機の色として赤を用いているところが多いが、オペレータは赤の使用を嫌っている傾向があることが分かった。赤が異常を表す色であるという認識はオペレータに定着をして

きており、DCS グラフィック画面の仕様が旧来の概念に基づいて作成されたまままで改定されていないことが問題であると思われる。

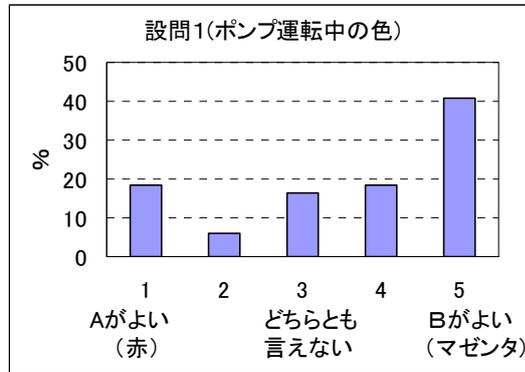
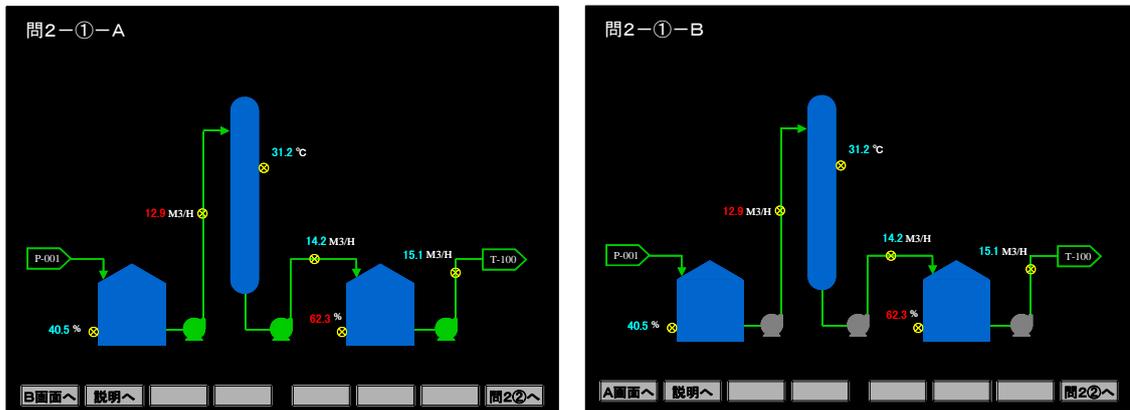


図 5.2 運転中のポンプの色についての回答分布

5.2.2 ポンプ停止中の色

ポンプ停止中の色については、以下の 2 種類の設問を実施した。1 問は、停止中のポンプの色として、図 5.3 に示すように、(A)緑、(B)グレー、の中から良いと思う方を選択させた。もう 1 問は(A)赤、(B)グレー、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)緑を用いた例

(B)グレーを用いた例

図 5.3 運転中のポンプの色についての設問 (1)

停止中のポンプの色は、Bのグレーがよいとする回答が50%を占め、「どちらかというとなBがよい」を合わせると70%以上がグレーを支持した。回答の分布を図5.4に示す。「Aがよい」を1点、「Bがよい」を5点としての平均点は3.88点となった。

コメントとしては、「グレーが停止中の色に見える」や、「ラインと同じ緑では停止中には見えない」とする意見が多いが、一方で、「グレーは休止中設備のように見える」とする意見もあった。

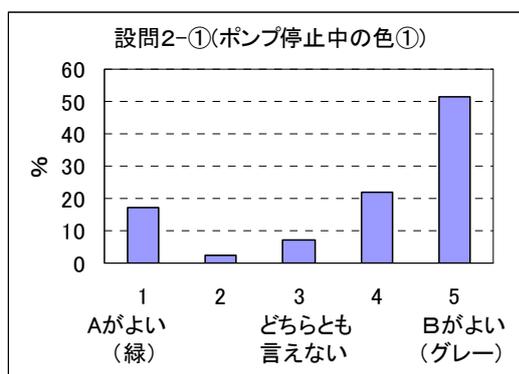
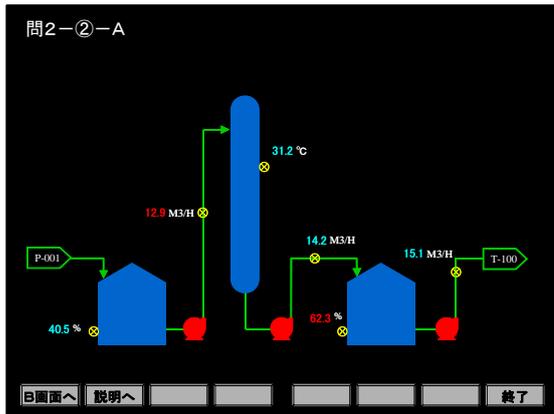


図 5.4 停止中のポンプの色についての回答分布 (1)

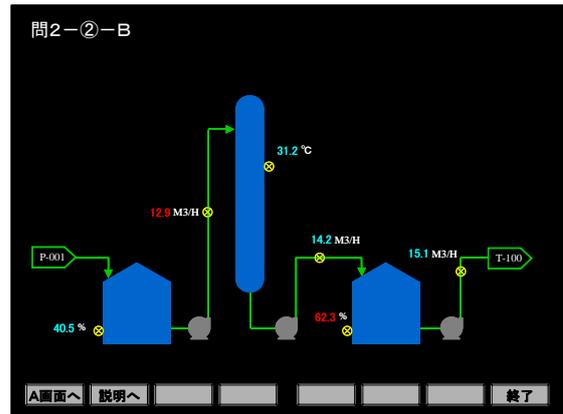
ポンプ停止中の色についてのもうひとつの設問は、図5.5のように、(A)赤、(B)グレー、の中から良いと思う方を選択させた。

この設問では、グレーがよいとする回答が60%を超え、赤がよいとする回答は15%に留まった。回答の分布を図5.6に示す。「Aがよい」を1点、「Bがよい」を5点としての平均点は3.98点となった。

グレーがよいとする意見の大半は、「赤が異常を表す色で停止中とは区別すべき」とするもので、停止中のポンプには赤を用いるべきでないとする意見が大勢であった。



(A)赤を用いた例



(B)グレーを用いた例

図 5.5 運転中のポンプの色についての設問 (2)

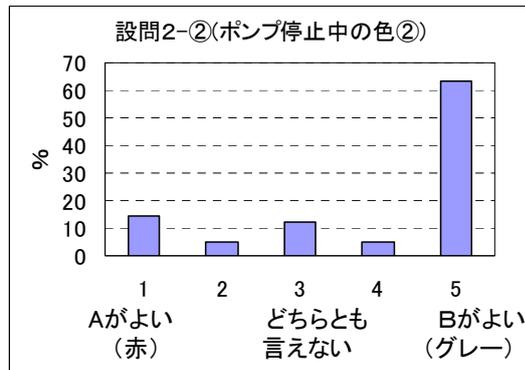
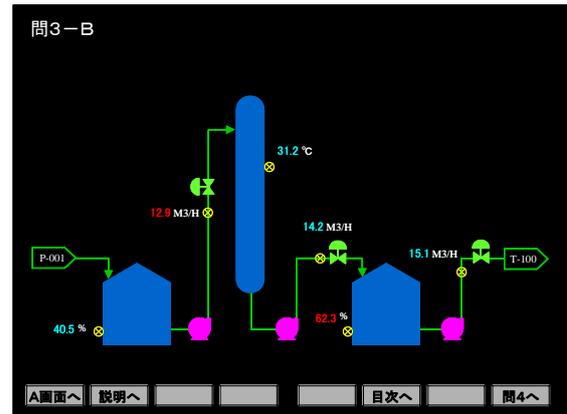
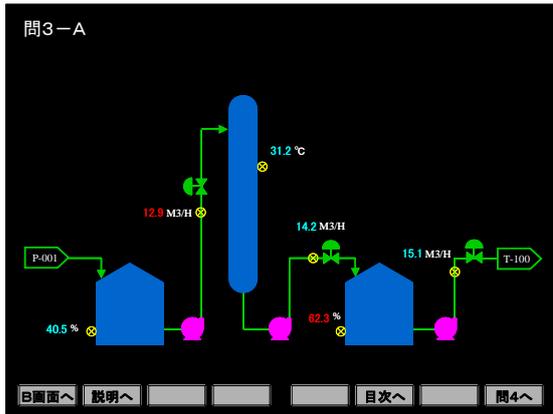


図 5.6 停止中のポンプの色についての回答分布 (2)

5.2.3 調節弁の開の色

調節弁の開の色について、図 5.7 に示すように、(A)プロセスラインと同じ緑、(B)ラインより少し明るい緑、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)ラインと同一の緑

(B)ラインより少し明るい緑

図 5.7 調節弁の開の色についての設問

ライン色と少し変えた同系色がよいとする回答が 30%あまり、どちらとも言えないも 30%あまり、同じ色がよいとする回答は 16%と、意見が分かれた。

回答の分布を図 5.8 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.45 点となった。

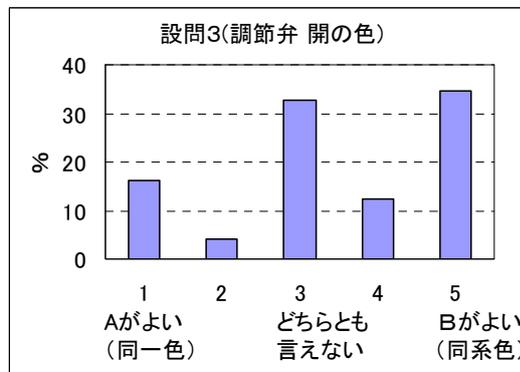
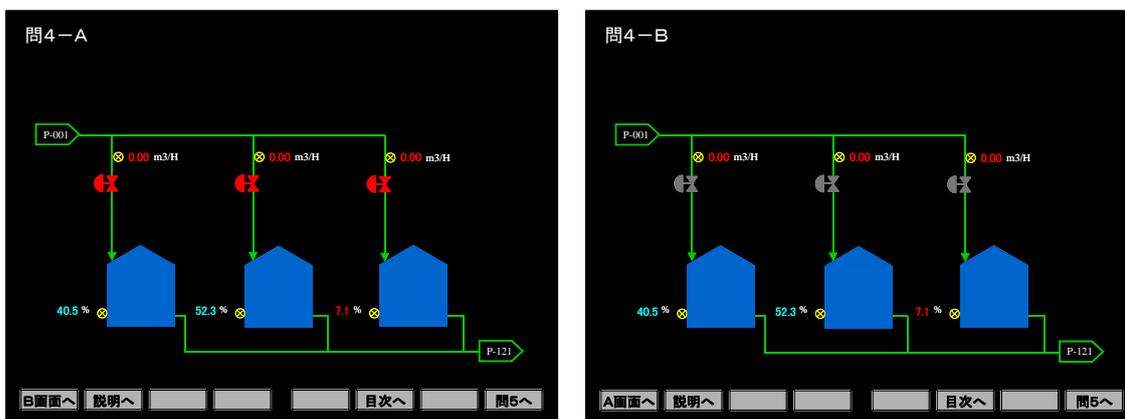


図 5.8 調節弁の開の色についての回答分布

コメントとしては、ラインと少し異なる方が見え易いとする意見と、同一の色で十分という意見、そして、同一色や同系色以外のもっと異なった色で開閉を表現すべきという意見とに分かれた。

5.2.4 調節弁の閉の色

調節弁の閉の色について、図 5.9 に示すように、(A)赤、(B)グレー、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)赤を用いた例

(B)グレーを用いた例

図 5.9 調節弁の閉の色についての設問

この設問では、グレーがよいとする回答が 39%、赤がよいとする回答は 26%と、やや意見が分かれた。回答の分布を図 5.10 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.33 点となった。

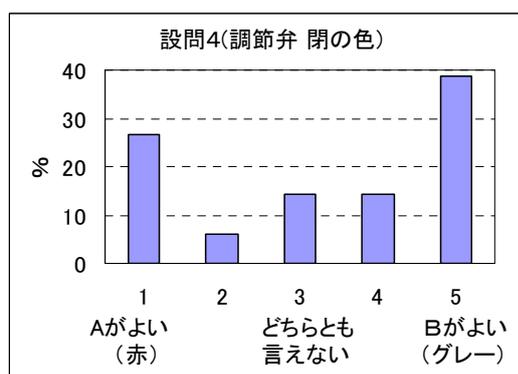
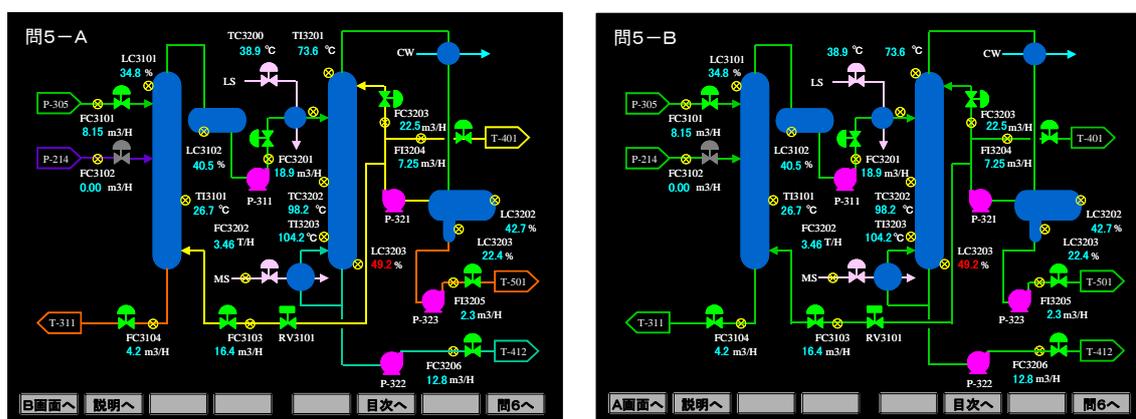


図 5.10 調節弁の閉の色についての回答分布

グレーがよいとした回答では、赤はアラームや緊急状態を表すため、好ましくないという意見がほとんどであった。

5.2.5 プロセス流体の色

プロセス流体の色について、図 5.11 に示すように、(A)流体の種類によって異なる色に塗り分ける、(B)緑 1 色のみ使用（用役ラインとは異なる色）、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)流体種別ごとの色とした例

(B)緑 1 色とした例

図 5.11 プロセス流体の色についての設問

この設問では、流体種別ごとに色分けするのがよいとする回答が 35%、緑だけがよいとする回答は 22%と、色分けするのがよいとする回答がやや優位であったが、意見が分かれた。回答の分布を図 5.12 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 2.67 点となった。

コメントの中で特記すべき事項は、流体種別ごとに色分けする方がよいとした回答であっても、2~3 色までであればよいが、それ以上になると見にくいとする意見があった。数多くの色を用いると、画面が見づらくなることも認識した上での回答であることが読み取れた。

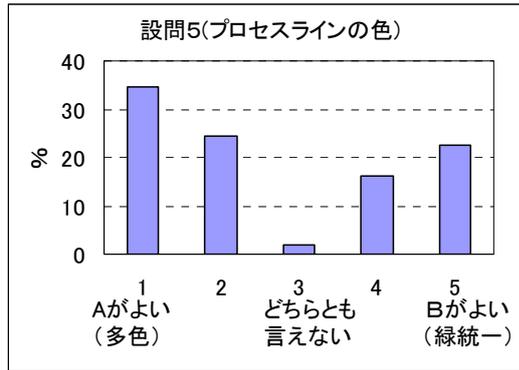
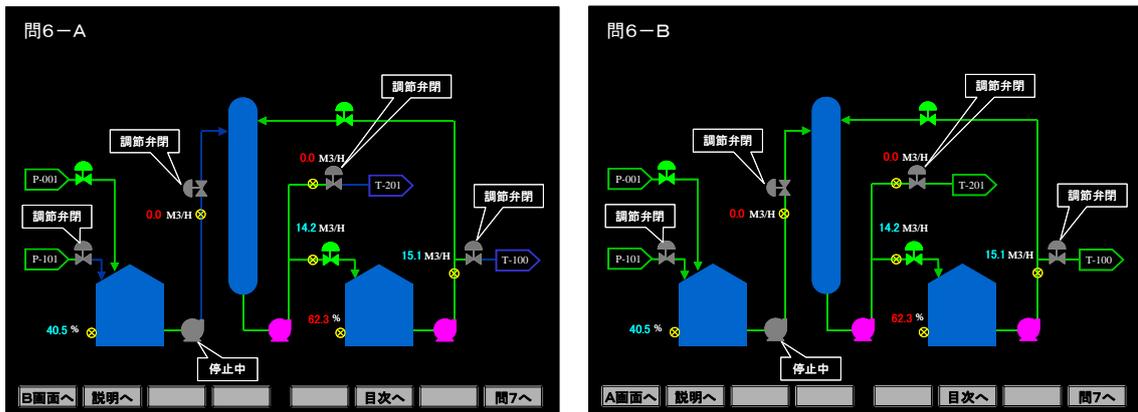


図 5.12 プロセスラインの色についての回答分布

5.2.6 ラインの色変化の有無

流れていないプロセス流体のラインの色について、図 5.13 のように、(A)「暗い青」で示す、(B)流れの有無によって色を変化させない、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)「暗い青」とする例

(B)色変化させない例

図 5.13 流れの無いラインの色変化についての設問

この設問では、色変化させるのがよいとする回答が 31%、色変化は不要とする回答は 27%で、「どちらかというともAがよい」や「どちらかというともBがよい」を合わせると、色変化させるのがよいとする回答が優位であった。回答の分布を図 5.14 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点

は 2.76 点となった。

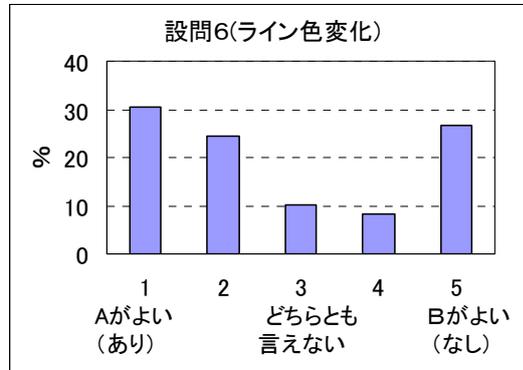


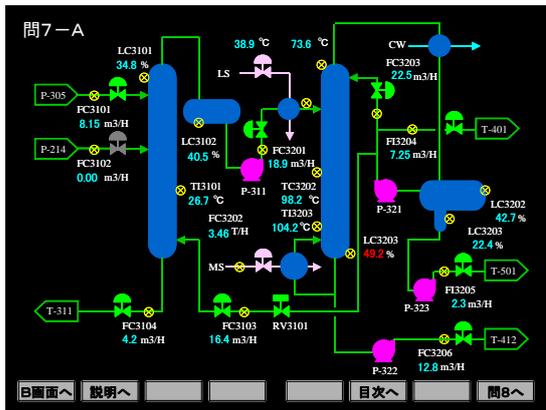
図 5.14 流れの無いラインの色変化の有無についての回答分布

コメントの中では、色変化させるとプロセスの状態が理解しやすいとする意見が多かった。直前のプロセスラインの色変化についての設問で、流体の種類で色分けをした場合は、流れの有無での色変化を同時に行うと使用色が多くなりすぎるため、色変化なしがよいという意見があった。

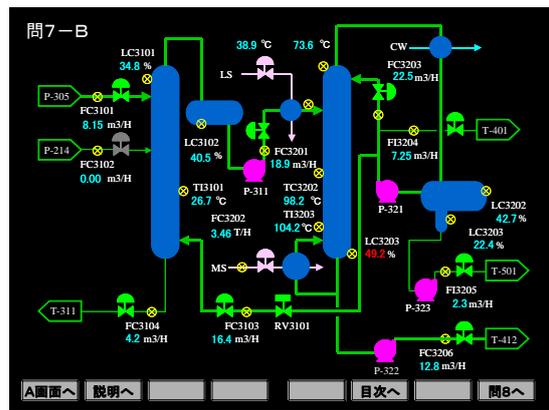
5.2.7 ラインの太さの使い分け

プロセス流体のラインの太さについて、図 5.15 のように、(A)太さを 1 種類とする、(B) 主となるラインは太く、副次的なラインは細く描く、の中から良いと思う方を選択させた。

この設問では、太さを 1 種類とするのがよいとする回答が 37%、太さの違いを設けるのがよいとする回答は 22%で、太さは 1 種類がよいとする意見が優位であった。回答の分布を図 5.16 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 2.67 点となった。



(A)太さを1種類とする例



(B)太さの違いを設ける例

図 5.15 プロセスラインの太さの違いを設けるかについての設問

ラインの太さは1種類がよいとする回答では、細かいラインが見にくい、あるいは見落としやすいという意見が多かった。一方、太さを使い分けたほうがよいとする回答では、プロセスフロー全体の流れが理解しやすくなるという意見が多かった。

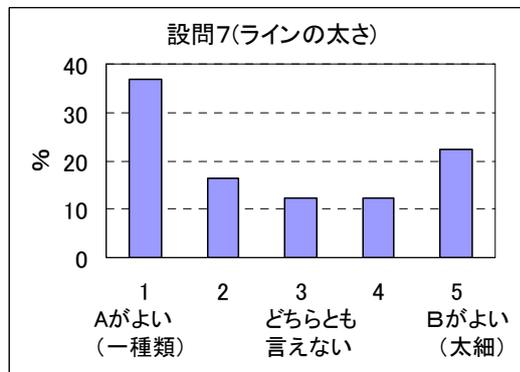
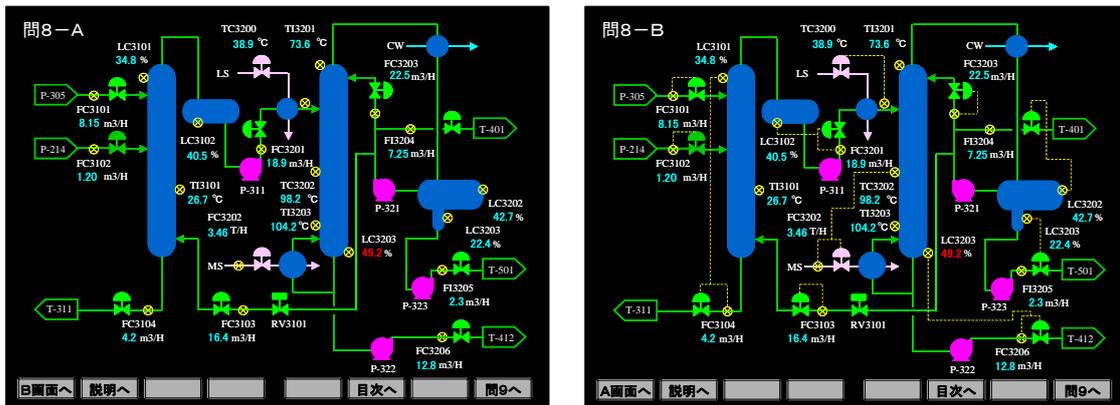


図 5.16 プロセスラインの太さの違いを設けるかについての回答分布

5.2.8 計装ラインの有無

計装ラインについて、図 5.17 のように、(A)グラフィック画面中には描かない、(B) グラフィック画面中に描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)計装ラインを描かない例

(B)計装ラインを描く例

図 5.17 計装ラインを描くか描かないかについての設問

この設問では、計装ラインを描くほうがよいとする回答は 49%と半数近くを占めた。回答の分布を図 5.18 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.90 点となった。

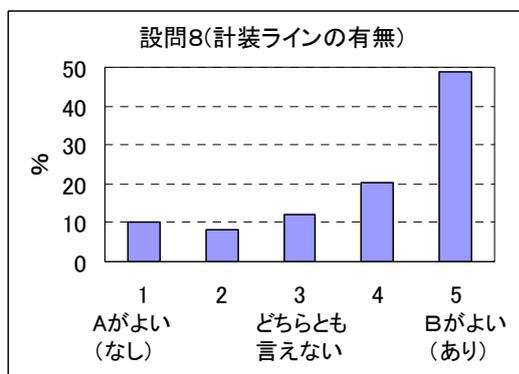


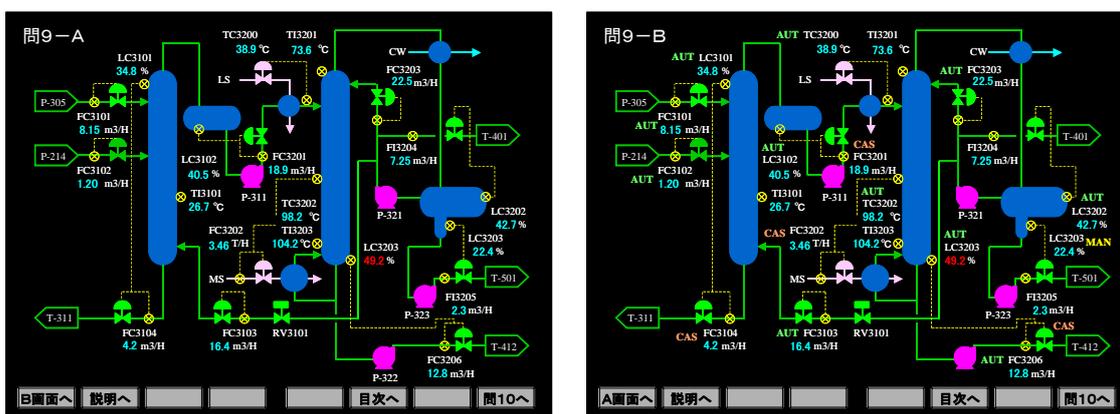
図 5.18 計装ラインの描画の有無についての回答分布

コメントの中では、計装ラインは必須でありトラブル時などに冷静に状況を判断するうえで必要とする意見などが多数であった。また、計装ラインを描くことによって画面密度が上がることについてはやむを得ないとする意見が多かった。一方で、流量計とその CV が隣り合っている場合は計装ラインを省略するほうがよいとする意見や、設問の画面のように計装ラインが黄色では目立

ちすぎるという意見もあった。

5.2.9 計器ステータス表示の有無

計器のステータス表示の有無について、図 5.19 のように、(A)計器ステータスをグラフィック画面中に描かない、(B)計器ステータスをグラフィック画面中に描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)計器ステータスを描かない例

(B)計器ステータスを描く例

図 5.19 計器ステータスを描くか描かないかについての設問

この設問では、計器のステータスを描くのがよいとする回答は 39%と多数を占めた。回答の分布を図 5.20 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.43 点となった。

コメントとしては、計器ステータスの表示が不要とする回答では、調節弁色変り状態や計装ラインの色変り状態で代替できるという意見や、タグナンバーの色を変化させて代替するという意見などがあった。また、全ての計器ではなく、重要な計器のみにステータス表示があればよいとする意見もあった。

一方、計器ステータス表示は必要とする回答では、密度が高くなっても情報量は多い方がよいとする意見や、計器の状態がグラフィック画面で把握できないと不安を感じるという意見などがあった。そのほか、AUTO を「A」、MAN を「M」で示すことで文字数を減らして表示する案や、何らかのマウス操作によってステータス表示させる意見などが示された。

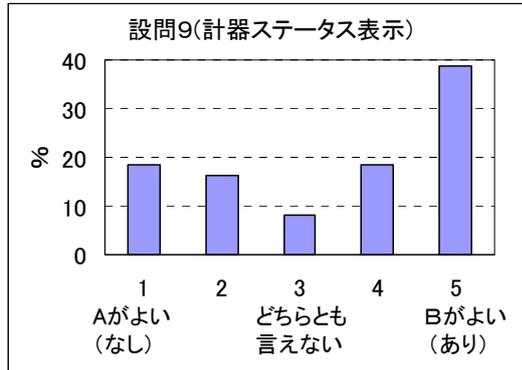
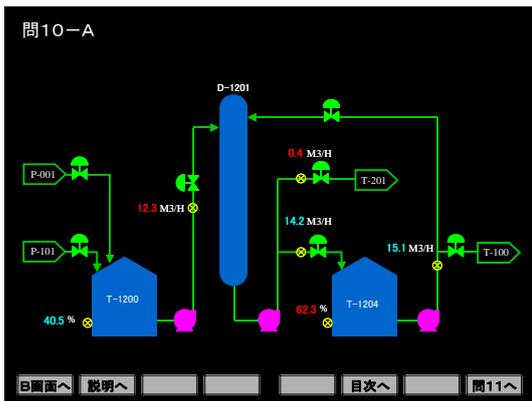


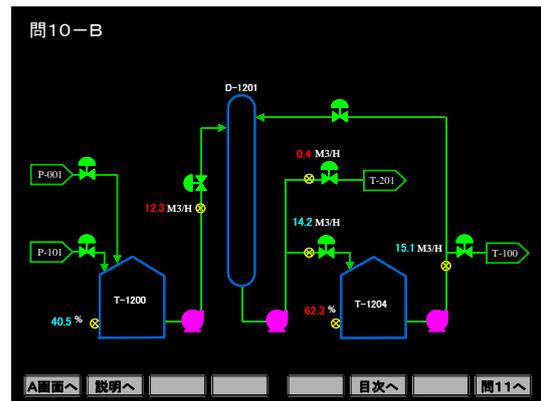
図 5.20 計器ステータス表示の有無についての回答分布

5.2.1.0 静止機器の塗り潰し

静止機器を塗り潰して描くかについて、図 5.21 のように、(A)塗り潰して描く、(B)塗り潰さずに枠だけで描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)静止機器を塗り潰す例



(B)静止機器を枠だけで描く例

図 5.21 静止機器を塗り潰すか否かについての設問

この設問では、静止機器を塗り潰して表示するのがよいとする回答が 37%と多数を占めた。回答の分布を図 5.22 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 2.61 点となった。

コメントの中では、塗り潰すのが良いとする回答で、「塗り潰さないと言線のように見える」とする意見が多く、逆に、枠だけが良いとする回答では、塗り潰すと静止機器のインパクトが強すぎるとする意見が目立った。

そのほか、蒸留塔のトレイやタンクの攪拌機を描くために塗り潰さないほうがよいとする意見や、液面のバー表示を目立つようにするために塗り潰しが無いほうがよいとする意見もあった。

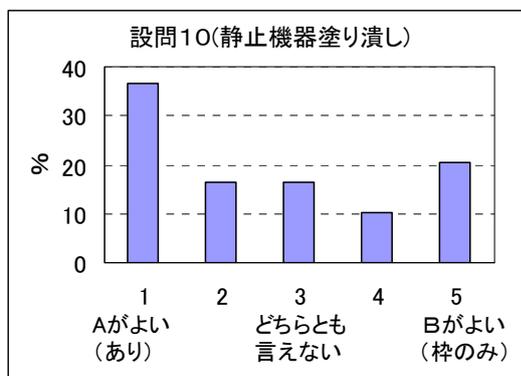
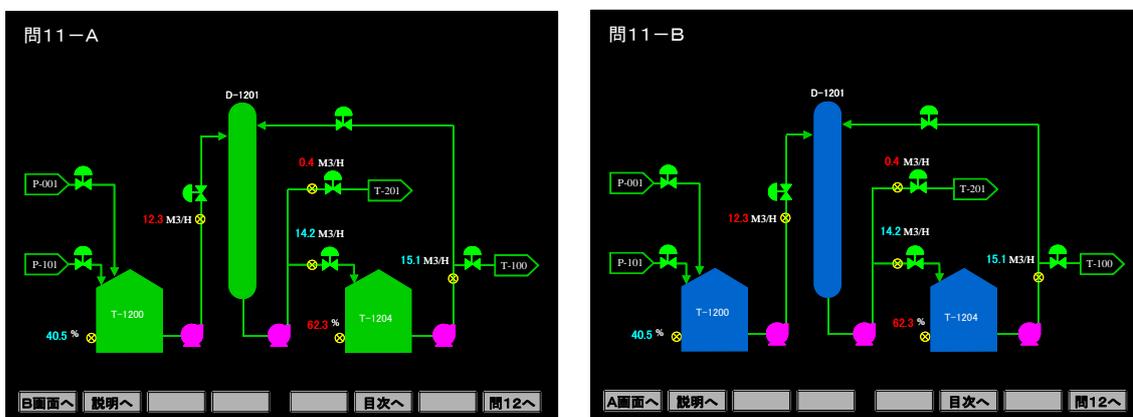


図 5.22 静止機器を塗り潰して描くかについての回答分布

5.2.1.1 静止機器の色

静止機器を塗り潰して描く場合について、図 5.23 のように、(A)緑で塗り潰して描く、(B)薄い青で塗り潰して描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)静止機器を塗り潰して描く例

(B)静止機器を枠だけで描く例

図 5.23 静止機器を塗り潰すか否かについての設問

この設問では、薄い青が良いとする回答が 59%と多数を占めた。

回答の分布を図 5.24 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 4.37 点となった。

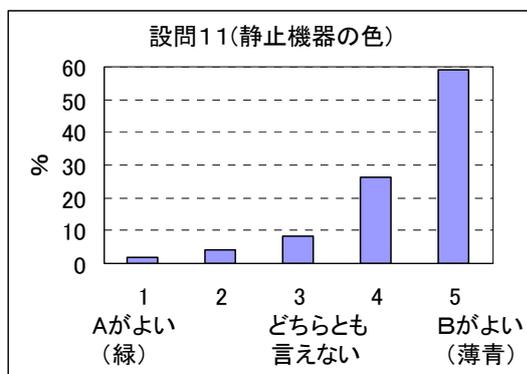


図 5.24 静止機器の塗り潰し色についての回答分布

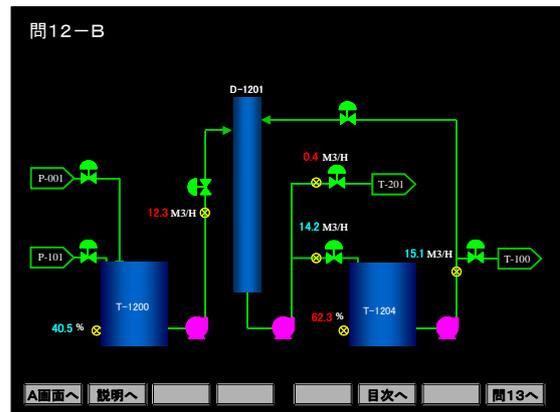
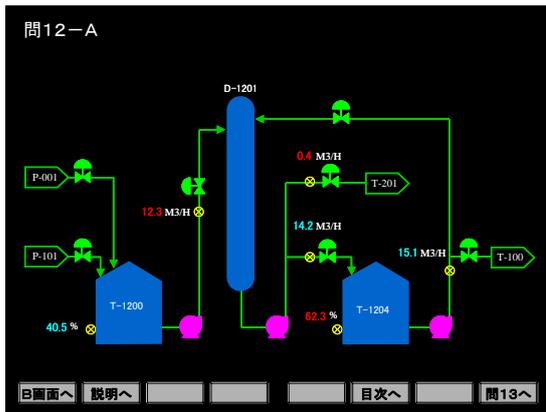
コメントでは、ラインと同じ色だと見づらくなるという意見が多かった。そのほか、強調されすぎると画面がまぶしくなるとする意見や、静止機器については存在感は必要ないとする意見があった。

5.2.1.2 静止機器のグラデーション

静止機器を描く場合について、図 5.25 のように、(A)ベタで塗り潰して描く、(B)グラデーションを用いて立体的に描く、の中から良いと思う方を選択させた。

この設問では、どちらが良いとも言えないという回答が最も多く、グラデーションの有無に対する回答は賛否ほぼ同数であった。回答の分布を図 5.26 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.08 点となった。

コメントの中では、グラデーションは必要なしとする回答で、機器だけが立体的であっても全体としては違和感があるとする意見や、統一感が無いとする意見が多く、グラデーションがあった方が良いとする回答では、立体的なほうが機器をイメージしやすいとする意見などがあった。



(A)ベタ塗りで描く例

(B)グラデーションを用いて描く例

図 5.25 静止機器にグラデーションを用いるかについての設問

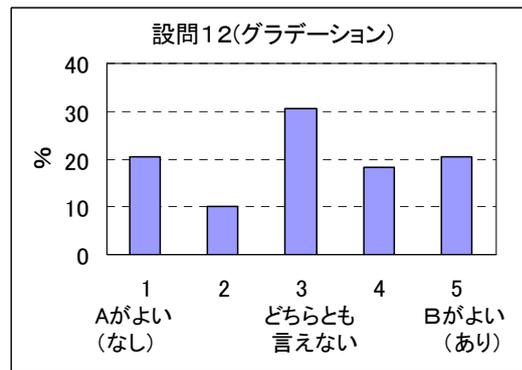
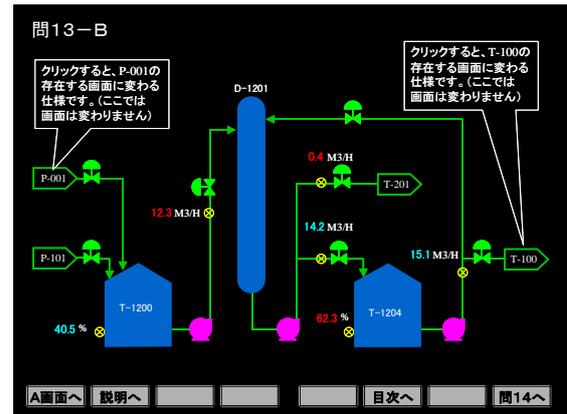
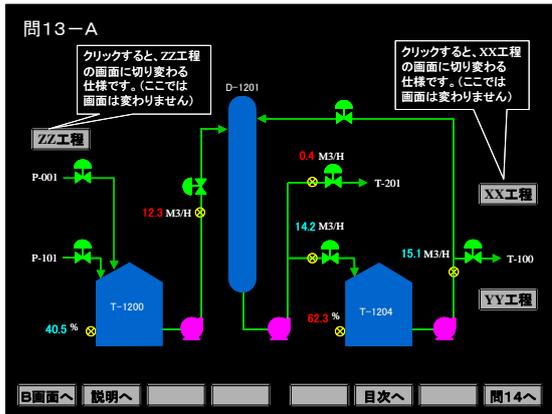


図 5.26 静止機器のグラデーション使用についての回答分布

5.2.1.3 画面切り替え手段

現在表示中のグラフィック画面から目的のグラフィック画面に切り換えて表示させる手段について、図 5.27 のように、(A)画面中のボタンを押して切り換える、(B)ライン先端の 5 角形の矢羽根部分をクリックして切り換える、の中から良いと思う方を選択させた。

この設問では、前後の工程につながるライン先端の 5 角形の矢羽根部分をクリックするのが良いとする回答が 39%、別に設けられたボタンをクリックするのが良いとする回答は 20%であった。回答の分布を図 5.28 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 3.33 点となった。



(A)画面内にボタンを設ける例

(B)ライン先端の矢羽根を用いる例

図 5.27 画面の切り替え手段についての設問

コメントとしては、ボタン方式のほうがクリックすべき場所が明示的で分かりやすいとする意見と、ラインの先端をクリックするほうが、画面がシンプルでつながりをイメージしやすいとする意見とがあった。両者を併用するのがよいとする意見もあった。

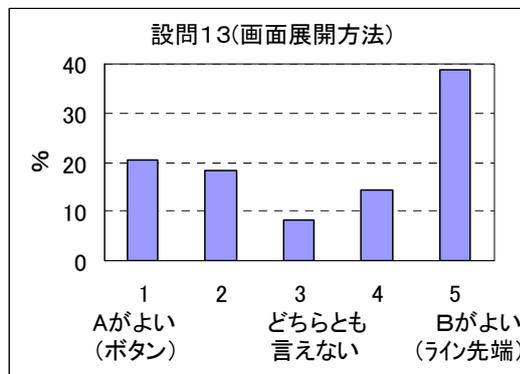
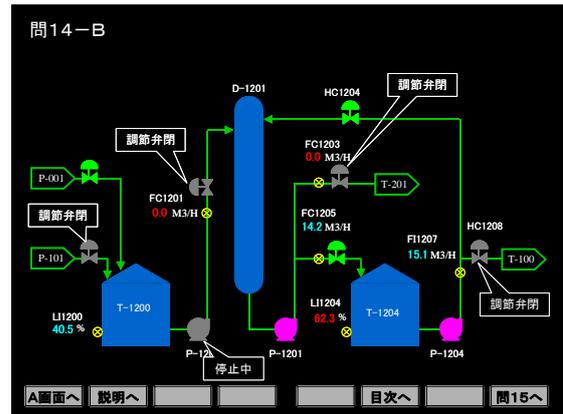
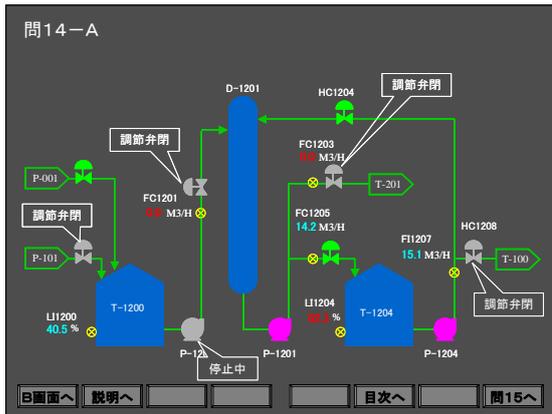


図 5.28 画面の切り換え手段についての回答分布

5.2.14 背景色

グラフィック画面の背景色について、図 5.29 のように、(A)目が疲れにくいとされるグレーを用いる、(B)描かれた内容がくっきりと目立つ黒を用いる、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)背景色にグレーを用いた例

(B)背景色に黒を用いた例

図 5.29 グラフィック画面の背景色についての設問

この設問では、黒が良いとする回答が 67%と圧倒的多数であった。回答の分布を図 5.30 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 4.47 点となった。

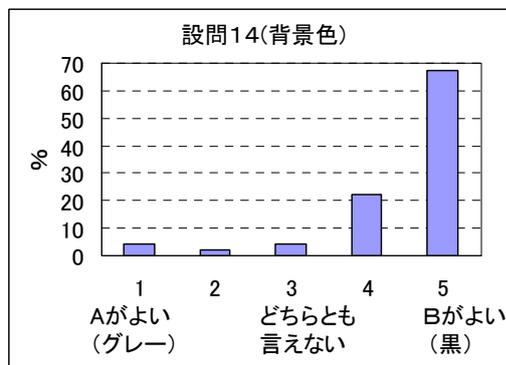
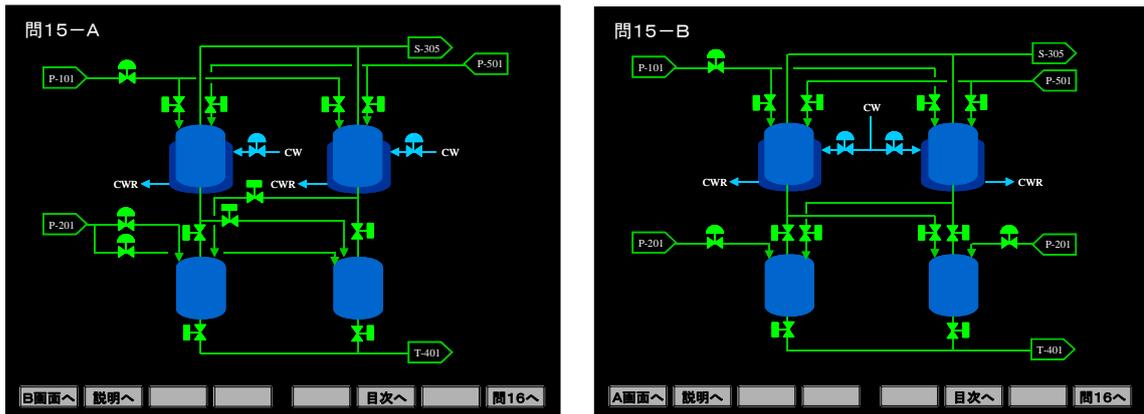


図 5.30 グラフィック画面の背景色についての回答分布

コメントとしては、目が疲れにくくても見づらければ意味が無いとする意見が多く、描かれた内容がくっきりと見える黒の背景色が好まれる傾向にある。また、グラフィック画面は長時間同じ画面を見続けることは無いので、目の疲れを考慮する必要はそれほど無いとする意見もあった。

5.2.15 ラインの配置

グラフィック画面に描くラインの間隔や、左右対称性について、図 5.31 のように、(A)特に気にせずに描く、(B) 並行なラインは等間隔として上下左右の延長線上に揃えるように描き、画面の内容を左右対称にできる場合はそのように描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)特に意識せずに描いた例 (B)ラインは等間隔で左右対称に描いた例

図 5.31 ラインの間隔や対象性を配慮した描き方についての設問

この設問では、ライン間隔や位置関係を揃える方が良いとする回答が 61%と大多数であった。回答の分布を図 5.32 に示す。「Aがよい」を 1 点、「Bがよい」を 5 点としての平均点は 4.18 点となった。

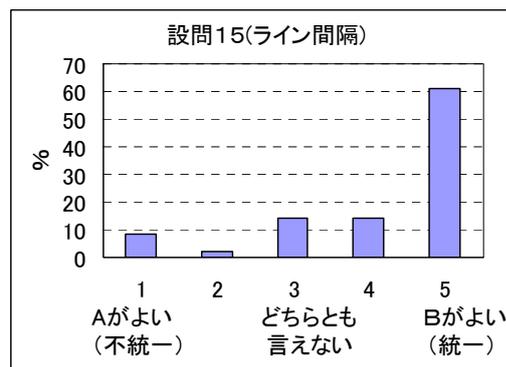
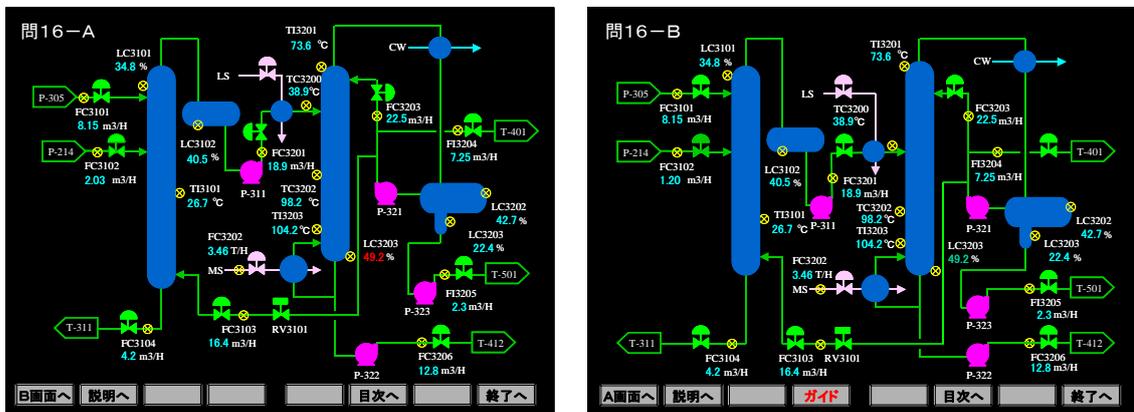


図 5.32 ラインの間隔や対象性への配慮についての回答分布

コメントとしては、左右対称で間隔や位置関係を統一した画面の方がバランスが取れていて見やすいとする意見が多かった。また、ラインの交差はできるだけ少ない方がよいとする意見や、現場の実際の配置に極力近い方がよいとする意見もあった。

5.2.1.6 ポンプ等の機器の配置

1枚のグラフィック画面に描かれる複数のポンプや調節弁の配置について、図 5.33 のように、(A)配置は特に気にせずに描く、(B) ポンプ同士、調節弁同士を可能な限り上下や左右に揃えるように配置を工夫して描く、の中から良いと思う方を選択させた。



(A)配置を意識せずに描いた例

(B)上下左右に揃えて描いた例

図 5.33 ポンプや調節弁の配置を意識した描き方についての設問

この設問では、ポンプ同士や調節弁同士を、上下や左右に位置関係を揃えて描く方が良いとする回答が 49%と多数を占めた。回答の分布を図 5.34 に示す。

「Aがよい」を1点、「Bがよい」を5点としての平均点は 3.94 点となった。

コメントとしては、上下左右に揃えて描くことに賛成する意見として、整理されていて見易いとする意見や、操作時のポインティングが早く行えるという意見などがあつた。逆に配置の意識が不要とする回答では、ラインの引き回しが複雑になることや数値表示との距離が遠くなってしまふことへの懸念が指摘された。

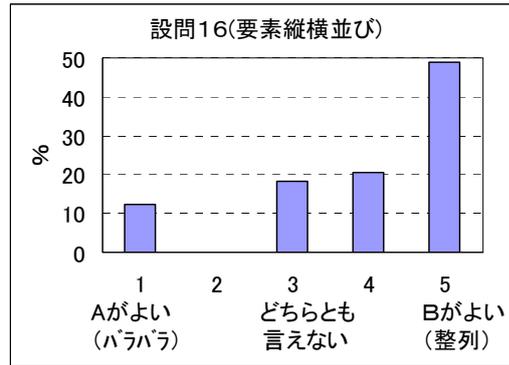


図 5.34 ポンプや調節弁の配置を意識した描き方についての回答分布

5.3 結果の評価

オペレータによる画面の評価結果のまとめを表 5.1 に示す。ここで、スコアとは、選択肢(A)を 1 点、選択肢(B)を 5 点とする 5 段階評価の平均値であり、中間が 3.0 点である。スコア平均点が 3.5 点以上または 2.5 点以下の場合はいずれかの選択肢が支持されたとみなし、表 5.1 において、より好まれる選択肢を太字で示した。

また表 5.1 において、本研究で推奨している選択肢には(*)を付けて示した。全体の 17 項目のうち、いずれかの選択肢がオペレータに支持されている 10 項目は、いずれも本研究で推奨している選択肢となっている。逆に、本研究で推奨しているものと逆の選択肢がオペレータに支持されることは無かった。

本研究で推奨している側の選択肢で、オペレータの支持が必ずしも得られなかったものうち、設問 5 の「プロセス流体のライン色」、設問 7 の「プロセスラインの太さ」については、逆側の選択肢がやや支持される傾向にあった。

設問 5 の「プロセス流体のライン色」については、回答者のコメントにもあるが、流体の種別をラインの色で区別すると使用色が多くなりすぎて逆に見にくくなるというデメリットがある。本指針では流体の流れの有無でライン色を変化させ、さらに蒸気などの加温用ユーティリティと冷却水および窒素などの不活性ガスには個別の色を用いるため、プロセス流体の色については流体の種別ごとに色を分けないという結論としたい。

また、設問 7 の「プロセスラインの太さ」については、細いラインが見えづらいため細くしすぎないというという前提であれば、ラインの太さを分けるこ

とに同意できるものとする。

表 5.1 グラフィック画面のオペレータ評価の結果一覧

設問 番号	比較する描画要素	選択肢 (A)	選択肢 (B)	スコア 平均点	標準 偏差
1	運転中のポンプ	赤	マゼンタ (*)	3.44	1.51
2	停止中のポンプ	緑	グレー (*)	3.91	1.42
		赤	グレー (*)	3.97	1.56
3	プロセス流体のバルブ(開)	緑	明るい緑 (*)	3.56	1.38
4	プロセス流体のバルブ(閉)	赤	グレー (*)	3.27	1.62
5	プロセス流体のライン色	分類ごと	単一色 (*)	2.71	1.60
6	流れの有無でのライン色	変化あり (*)	変化なし	2.73	1.62
7	プロセスラインの太さ	1種類	2レベル (*)	2.64	1.61
8	計装ループ	描かない	描く (*)	3.80	1.38
9	計器の制御ステータス	マークなし	マークで示す (*)	3.62	1.48
10	塔槽類などの静止機器	塗り潰し (*)	枠のみ	2.49	1.51
11	静止機器の色	緑	ライトブルー (*)	4.38	0.95
12	グラデーション	使用しない (*)	使用する	3.09	1.38
13	画面展開の方法	画面上の ボタンを使用	ラインの先端を クリック (*)	3.24	1.61
14	背景色	グレー	黒 (*)	4.51	0.86
15	ライン間隔と対象性	対称性・統一性 なし	対称で間隔統一する (*)	4.22	1.19
16	ポンプやバルブの 位置関係	意識しては 揃えない	上下や左右に揃えて 配置する (*)	4.07	1.22

5.4 年齢および経験年数による回答の差異

今回のオペレータ評価においては、回答者の年齢と DCS 操作経験年数を記載していただいているため、年齢および経験年数によって回答に一定の傾向が無いかを確認した。結果を表 5.2 および表 5.3 に示す。

表 5.2 で「*」を付けたスコアは、全年齢の平均と 0.5 以上の乖離を示すデータである。いずれも年齢とともにスコアが単調に増加や減少していないため、特別な傾向があるとは言えない。

表 5.2 グラフィック画面のオペレータ評価の年齢別結果

設問番号	比較する描画要素	選択肢(A)	選択肢(B)	全年齢平均	25~34歳	35~44歳	45~60歳
1	運転中のポンプ	赤	マゼンタ	3.44	4.06	2.90*	4.09*
2	停止中のポンプ	緑	グレー	3.91	4.67*	3.16*	4.30
		赤	グレー	3.97	4.33	3.63	4.20
3	プロセス流体のバルブ(開)	緑	明るい緑	3.56	3.35	3.52	3.45
4	プロセス流体のバルブ(閉)	赤	グレー	3.27	3.41	3.29	3.27
5	プロセス流体のライン色	分類ごと	単一色	2.71	2.06*	2.90	3.18*
6	流れの有無でのライン色	変化あり	変化なし	2.73	2.71	2.90	2.55
7	プロセスラインの太さ	1種類	2レベル	2.64	2.47	3.14	2.09*
8	計装ループ	描かない	描く	3.80	3.47	4.05	4.27
9	計器の制御ステータス	マークなし	マークで示す	3.62	3.06	3.76	3.36
10	塔槽類などの静止機器	塗り潰し	枠のみ	2.49	2.41	2.71	2.73
11	静止機器の色	緑	ライトブルー	4.38	4.47	4.19	4.55
12	グラデーション	使用しない	使用する	3.09	2.88	3.24	3.09
13	画面展開の方法	画面上のボタン	ラインの先端	3.24	2.88	3.52	3.64
14	背景色	グレー	黒	4.51	4.41	4.57	4.36
15	ライン間隔と対象性	対称性・統一性なし	対称で間隔統一	4.22	3.94	4.33	4.27
16	ポンプやバルブの位置関係	意識して揃えない	上下や左右に揃えて配置	4.07	3.88	3.86	4.18

表 5.3 で「*」を付けたスコアは、全経験年数の平均と 0.5 以上の乖離を示すデータである。設問 2 の「停止中のポンプの色」について、経験年数が長いオペレータが赤を、経験年数が少ないオペレータがグレーをそれぞれ支持する傾向にある。それ以外の設問については経験年数による特定の傾向は見られなかった。

表 5.3 グラフィック画面のオペレータ評価の経験年数別の結果

設問番号	比較する描画要素	選択肢(A)	選択肢(B)	全年数平均	～10年	11～15年	16年以上
1	運転中のポンプ	赤	マゼンタ	3.44	3.73	3.58	3.45
2	停止中のポンプ	緑	グレー	3.91	3.53	4.33*	3.14
		赤	グレー	3.97	4.62*	4.25	3.25*
3	プロセス流体のバルブ(開)	緑	明るい緑	3.56	3.92	4.63*	3.75
4	プロセス流体のバルブ(閉)	赤	グレー	3.27	3.47	3.58	3.36
5	プロセス流体のライン色	分類ごと	単一色	2.71	3.00	4.08*	3.14
6	流れの有無でのライン色	変化あり	変化なし	2.73	2.40	2.75	2.82
7	プロセスラインの太さ	1種類	2レベル	2.64	2.80	2.42	2.91
8	計装ループ	描かない	描く	3.80	2.80	2.83	2.50
9	計器の制御ステータス	マークなし	マークで示す	3.62	3.60	3.92	4.09
10	塔槽類などの静止機器	塗り潰し	枠のみ	2.49	3.53	3.25	3.45
11	静止機器の色	緑	ライトブルー	4.38	2.80	2.75	2.41
12	グラデーション	使用しない	使用する	3.09	4.40	4.67	4.18
13	画面展開の方法	画面上のボタン	ラインの先端	3.24	2.80	3.33	3.14
14	背景色	グレー	黒	4.51	2.67*	4.17*	3.32
15	ライン間隔と対象性	対称性・統一性なし	対称で間隔統一	4.22	4.40	4.58	4.45
16	ポンプやバルブの位置関係	意識して揃えない	上下や左右に揃えて配置	4.07	3.80	4.58	4.23

5.5 まとめ

第5章では、第4章で提案したグラフィック画面の描き方についての検証を、実際にプラントを運転するオペレータを対象に意見を求めて評価してもらった結果を示し、考察した。

今回の調査にあたっては、回答者に対し、普段運転に用いているグラフィック画面の仕様とは無関係に回答することを依頼したが、回答とともに記述されたコメントを見ると、オペレータが担当するプラントについてのグラフィック画面における現状の仕様に引きずられて回答をしていると思えるケースも数多くあったことを付記しておく。

これを考慮すると、今回提案するグラフィック画面の仕様は、オペレータの意見に十分に沿ったものであると考えることができる。

結論として、提案したグラフィック画面の描画仕様は、概ねオペレータに受け入れられるものであることが裏付けられた。

第6章 グラフィック画面に付加すべき情報についての考察

これまでの各章では、プラントのフローシートをベースとしたグラフィック画面についてその描画仕様の問題提起と解決方法としての標準仕様の提案を実施してきた。

この章では、非定常運転操作やアラーム対処操作などのプラント運転の各種の局面で用いられる、フローシートをベースとはしないその他の種類のグラフィック画面について、その必要性および構成の方法に関して考察を行う。

6.1 アラーム管理に関する情報の取り扱い

連続プラント（連続的に原料を装置内に供給し、各装置を定常状態で運転を行って、製品を連続的に取り出す方式のプラント）においては、運転が定常状態から逸脱したことの検知のために、一般には、プラント内の流量、温度、圧力、液面の位置などの各種の計器にアラームを設定し、アラームが発報することで定常状態から離れたことをオペレータが認知して元の状態に戻すアクションを実施するという、アラームドリブン型の運転が行われている[6]。

アラームが発生すると、DCSの画面では、以下のような方法でオペレータに通知される。

(1) 最新アラームメッセージの提示

DCS画面の最上部に、最新のアラームが1行のメッセージとして表示される。どのグラフィック画面やその他の種類の画面に切り換えても必ず最上部に最新アラームが表示されるようになっている。ただし、次々とアラームが発生すると、最も新しいものが表示されるだけであるので、それ以前のアラームは確認できなくなる。

(2) アラーム履歴一覧の提示

発生したすべてのアラームが標準で装備されたアラーム履歴一覧の画面に時系列に表示される。次々とアラームが発生して画面が一杯となっても、一定の数までのアラームはスクロールして確認することもできるようになっている。また、DCSの機種によっては、タグ名を指定したり、期間を指定したりして、条件によって絞り込んでアラームを表示する機能を有している。

アラーム履歴一覧には、通常、アラーム状態から正常に復帰したことを示すメッセージも併せて表示される。

(3) グラフィック画面の一部の色変化

これは第 4 章でも説明したが、ユーザーがグラフィック画面をカスタマイズして作成する機能である。アラームが発生した数値やそれに対応する調節弁などを赤などに色変りさせてオペレータに認知させるものである。アラームが発生した時点では、赤でブリンクさせ、DCS のキーボードに備えられた確認ボタンを押した後には赤の点灯表示とするようにカスタマイズして新たなアラームの発生箇所を示すようにすることが多い。

(4) アラーム音の鳴動

アラームの発生と共に電子警報音を鳴らすものである。警報音はキーボードで確認ボタンを押すと停止する。計器ごとに 3 段階程度の重要度を定め、重要度に応じて音色を設定できる仕様となっていることが多い。

これらの機能のうち、(1)は最新の 1 つのアラームしか確認できず、(2)においても 1 ページの表示数を超えるアラームが発生すると、表示範囲外となったアラームは、認識することが困難となる。また(3)では、表示中の画面内のアラームは認識できるが、表示範囲外のアラームについては認識ができないという欠点をそれぞれ持っている。

また、(2)のアラーム履歴一覧は単なる情報の羅列となり、スリーマイル原発の事故[38]をはじめ多くの重大事故が示すように、多発するアラームの中に重大な警報が存在するか、また、未処置のアラームが残っているかを調べるためには、これに対応したアラーム情報処理が必要となる。

実際のところ、プラントの大きな変動によって短時間のうちに多数のアラームが発生した場合、オペレータがそれら全てを把握し、対応の優先順位の判断を適正に行い的確に対処を行っていくことは非常に困難である。

これを解決するために、近年、DCS ベンダーからもアラーム管理のためのソフトウェアが提供されはじめている。アラーム管理ソフトは、アラームの優先度や重要度などに応じたフィルタリングなどの機能を有しているが、緊急時にオペレータが落ち着いてこのようなソフトを使用している余裕も無いこともあって、実際の活用はまだこれからのようである[39]。

また、アラームが多発し、運転を担当する複数のオペレータで分担して処置を行おうとしても、その処理能力を超える数のアラームが発生してしまった場合、処置を後回しにしたアラームについては、オペレータは対処を忘れてしまう可能性がある。これは、調整を行って安定化するのに時間を要するアラームについても同様であり、交替勤務を行っているため、次のオペレータに的確に引き継ぎを行わないと、変動の事実や対処方針が伝わらなくなってしまう。

未対応のアラームが存在することを知らするためには、プラントのどの部分（どの工程）で、どういう重要度のアラームが発生している（発生したままになっている）かを、いつでも的確に把握することのできる仕組みが必要である。

文献[40]では、プラントを構成する工程ごと、かつ、重要度ごとに発生しているアラームを集約して、プラントを工程単位で模式化したグラフィック画面において工程を表す箱をアラームの重要度に応じて色分けして表示する仕組みを構築している例もある。そのほか、単に工程の状態を一覧表示するだけのもの[41]などがある。

このように、どの工程にどんな重要度のアラームが発生しているか（または対処の残りとしてどのアラームが存在しているか）を示すことは、実際のプラント運転においては極めて重要であり、複数のアラームが発生したときの対処の優先順位付けや、アラーム対処忘れの防止のために効果的な解決手段である。

6.2 非定常状態の表示に関する情報の取り扱い

連続プラントにおいては、通常運転中はプロセスが定常状態にあると考えられる。定常状態では自動制御によってオペレータの監視や操作の必要性はほとんど無いが、一般に非定常状態においてはオペレータが注意を払って監視し、頻繁な操作が必要となる。ここでいう非定常状態とは、品種変更、負荷変更、洗浄作業、触媒の再生作業、スタートアップおよび運転停止などの計画的な遷移状態のことを指す。プロセストラブルなどによるプラントの変動やその対処操作については、ここでは非定常運転から除いて考える。

連続プラントでの定常運転中における調節弁や ON/OFF 弁の開閉状態は、一定の決まったパターンとなっている。しかし、非定常状態においては、調節弁や ON/OFF 弁の一部は、定常状態とは異なった開閉状態となっている。

非定常の運転状態においては、これら定常状態とは異なった開閉状態にある

調節弁や ON/OFF 弁がどれであることを示すことは、オペレータが着目すべき対象を明示することとなり、重要な要件となる。

例えば、プラントのスタートアップの場合、非定常状態から定常運転状態へとプラントを遷移させていくことになるが、非定常状態である調節弁や ON/OFF 弁がどれであるかがグラフィック画面上で示されれば、それらが定常状態へと変化させるべき対象であることが一目で明らかとなる。

このように連続プラントにおいては、調節弁や ON/OFF 弁が非定常状態にあることを示す識別表示を、開閉状態の表示とは別に設けることが推奨される。

非定常状態にある調節弁や ON/OFF 弁についての表示方法の例を図 6.1 に示す。非定常状態にある調節弁や ON/OFF 弁は、注意喚起の対象となるため、これらの表示色は黄色などを用いることが望ましい。

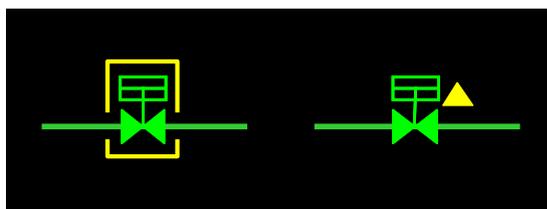


図 6.1 非定常状態にある ON/OFF 弁の表示例

6.3 時間的変化に関する情報の取り扱い

連続プラントにおいても例えば吸着工程では定期的に脱着（再生）操作が必要になるなど、プラントの一部を周期的に変化させる操作をシーケンスプログラムによって動作させていることがある。また、バッチプラントにおいては、定常状態というものがなく、例えば、仕込み→触媒添加→昇温→反応→反応停止→分離→排出といった一連の手順を、時間の進行や状態の変化に伴って、シーケンスプログラムによって操作を行い、プロセスの状態を次々と変化させている。

このように、プロセスの状態がシーケンスプログラムによって自動的に刻々と変化しているような場合では、オペレータがその工程の画面を見たときに、現在どの状態（ステップ）にあるのかを、瞬時に把握できる必要がある。

その方法として、ただ単に現在のステップの名称を文字列として表示させる

だけでもよいが、全体の動きの中で、現在はどの状態にあるのか、次にどのステップに進むかが分かるように、図 6.2 のようにブロック図形式でステップ間のつながりを表現し、その中で現在進行中のステップが分かるように表現することが望ましい。ここでは、現在進行中のステップがシアンの外枠と文字で示されている。必要に応じて、次のステップへの移行条件などを明示すれば、どのような条件が成立するのを待っているのかを分かりやすく表示することができ、教育にも役立つと考えられる。

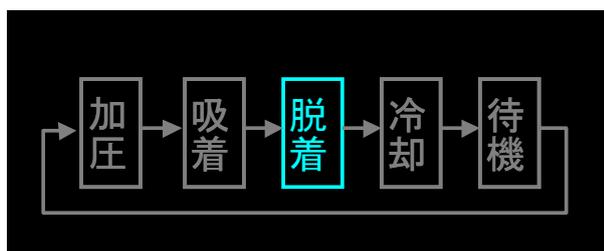


図 6.2 ブロック図形式によるシーケンスステップの表現

シーケンスプログラムによって、数多くの ON/OFF 弁が開閉され、プロセスの流れが複雑に変化するような場合においては、どのステップにおいてどの ON/OFF 弁が開いているか、また、どのタイミングになればどの ON/OFF 弁が開いたり閉じたりするかを把握するためには、図 6.3 に示すような、タイミングチャートのような表現をグラフィック画面上で採用することが望ましい。

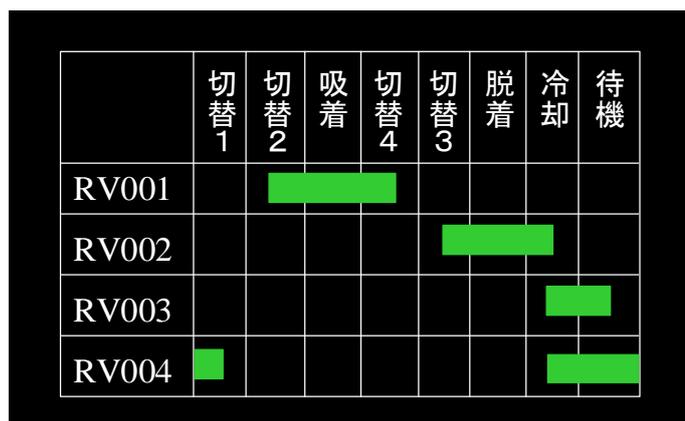


図 6.3 タイミングチャート形式による弁開閉タイミングの表現例

6.4 定常状態からのずれに関する情報の取り扱い

グラフィック画面においてアラーム状態にある数値や調節弁などを赤に色変りさせて表示することは、その計器などにおいてアラームが発生していることを示すだけであって、正常な状態と比較して、ずれが上方なのか下方なのか、また、ずれの程度はどの程度なのかなどの情報が不足していることになる。

さらに、蒸留塔などにおいては塔の上部から下部まで全体に設置されている複数の温度計のずれをグラフィカルに表示させることで、蒸留塔全体の温度分布のズレが明らかになり、運転状態の把握が容易になると考えられる。

これを実現する1つの方法は、縦軸に蒸留塔の高さ方向の段を、横軸に温度を取り、定常状態の温度分布と現在の温度分布とを重ねて描く方法であり、もうひとつは、定常状態の温度と現在の温度の差を相対誤差として横軸に描く方法である。前者は絶対的な温度を見ることが容易であるのに対し、後者は温度分布の相対的なズレだけをクローズアップして見ることができるようになる。

蒸留塔の温度分布のズレを示すチャートの例を図6.4に示す。

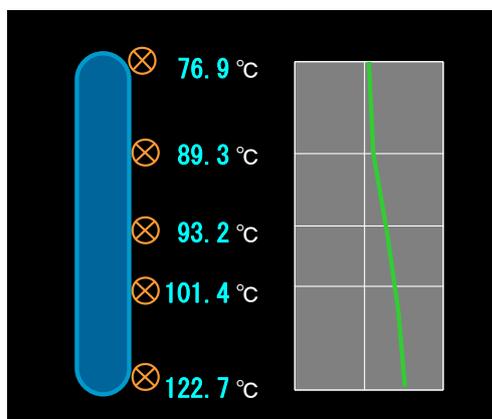


図 6.4 蒸留塔温度分布の定常状態からのずれの表現例

ずれが時間的にどのように変化しているかを示すためには、トレンドグラフを併用することが望ましい。現状、DCSでは、グラフィック画面から簡単にトレンド画面に切替えることが可能なようにカスタマイズが可能であるが、トレンド画面は多数定義しておくことができ、そのうちのどのトレンド画面に切替

えるようにするのはユーザーがカスタマイズ可能になっている。

プラントの工程間に位置する中間タンクの液面計のような場合は、プラントの変動を液面で吸収するために、液面計のアラームは広めの幅で設定される。このような場合は、液面計には通常はゆっくりとした変動があり、オペレータが各種のトレンド画面を順次監視していて予期しない変動に気づき、アラームが発報する前に何らかの対処を行うことが期待される。

また、何らかのアラームが発生した蒸留塔を含む工程の例であれば、オペレータはアラームの発生した計器以外に、複数の温度計などについて定常状態とのズレや、その時間的な変動を観察し、異常の原因を推測していくことになる。このため、アラームが発生した工程のグラフィック画面と、その蒸留塔の温度トレンドや流量トレンド画面などの複数の画面を表示させることが必要となる。

この操作をより迅速に、少ない画面で行うための手段として、図 6.5 のようにグラフィック画面の中に関連するトレンド表示を予め埋め込んでおくことが考えられる。この方法を用いれば、1 枚の画面で複数の計器の定常状態とのズレやその時間的な変化を把握し、異常の原因推定をより容易にすることができる。トレンド情報表示のための過去の情報の蓄積はグラフィック画面単体の機能としては持つことができないため、DCS を構成するシステムの中に含まれるトレ

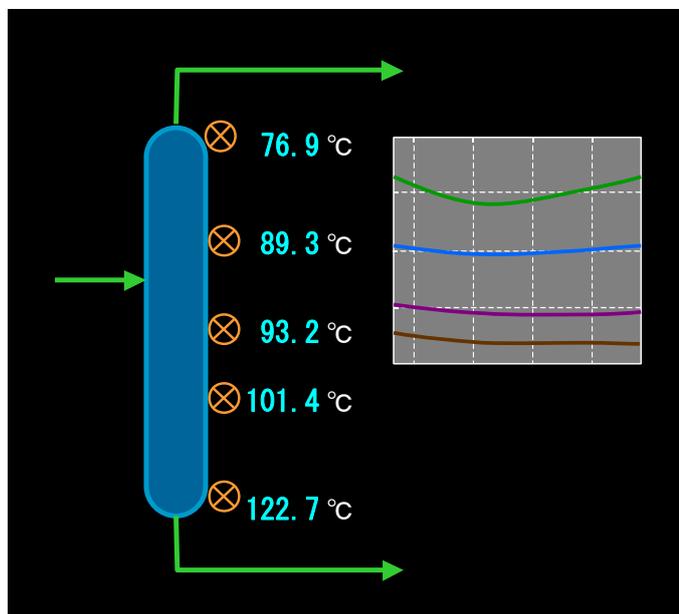


図 6.5 トレンドを埋め込んだグラフィック画面の例

ンド情報保存のための機能を利用することになる。DCSの機種によってはグラフィック画面にトレンドを埋め込む機能をサポートしていないが、今後、そのような機能が標準装備されていくことを期待する。

グラフィック画面はページ数も多く、必要な全てのグラフィック画面を常時表示したままにしておいて監視することは通常は不可能である。上述のように各グラフィック画面にトレンドを埋め込んだり[42]、計器の変化の方向性を示したりすることは、アラーム発生などで画面を表示した際にアラームの原因推定に必要な情報を提供することができることになり、効率的なアラーム対処が可能となる。

Hollifieldら[29]は、図6.6に示すような、変化を知らせるトレンドグラフを多用した画面設計を提案している。しかしこの方法では、従来型のグラフィック画面の元となるフローシート部分の表現が乏しくなっており、カバーする範囲が非常に小さくなっている。表示範囲と提供する情報量とのバランスを考慮しながら、必要とされる情報が盛り込まれたグラフィック画面の検討が今後望まれる。

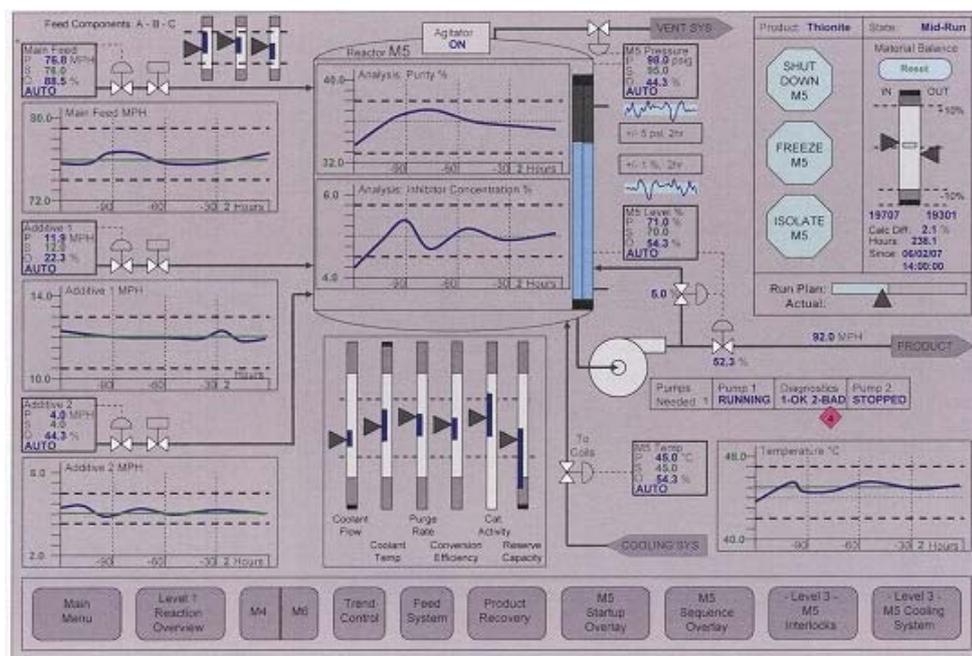


図 6.6 Hollifield らが提唱するグラフィック画面の例[29]

6.5 進捗管理に関する情報の取り扱い

大規模なプロセスの場合、スタートアップ操作の開始から定常運転に入って整定させるまで、オペレータが昼夜交替しながら作業を行っても数日を要する場合がある。また、これを少しでも効率化し、標準化するためにプラントのスタートアップにおいても、非定常運転支援ソフト[43, 44]の導入などにより、一連の操作手順を自動化させる取り組みが各社において実施されている。

非定常運転支援ソフトは、DCS とは別の画面で表示や操作などの運用が行われるのが標準となっており、また、非定常運転支援ソフト独自の進捗状況表示画面は必ずしもオペレータに馴染み易いものにはなっていない。さらには、操作手順が非常に長いものである場合には、全体工程のどの部分を現在実行しているのかの表示機能に乏しいものとなっている。そのため、DCS のグラフィック画面において、非定常運転支援ソフトの進捗状況をオペレータに分かり易いかたちで表現することが望まれることになる。

さらには、非定常運転支援ソフトで構築した自動運転ソフトにおいて、次のステップに進むための確認操作は、非定常運転支援ソフトの画面において、マウスを用いて独自の確認作業を実施する必要があるが、この操作も DCS から実施できることが好ましいことになる。

これを解決するひとつの手段として、非定常運転支援ソフトから進捗状況に応じて DCS の内部のフラグを操作し、その情報を用いて DCS 側に進捗情報を表示するグラフィック画面を作成することが考えられる。さらにはそのグラフィック画面に割付けた別の DCS 内部フラグを呼び出してオペレータが値を変更し、非定常運転支援ソフト側ではこの DCS 内部フラグの監視をして次のステップに進めるように構成することで、DCS 側のグラフィック画面を通して非定常運転支援ソフトの主要な操作を行うことが可能となる[45]。

非定常画面運転の進捗状況表示画面の例を図 6.7 に示す。

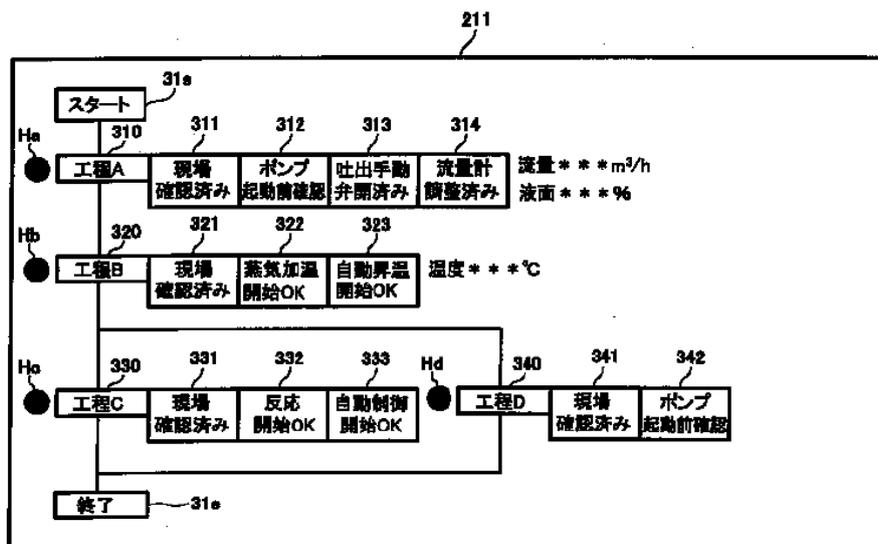


図 6.7 非正常画面運転の進捗状況表示画面の例[45]

6.6 運転支援に関する情報の取り扱い

プラントを運転するオペレータの世代交代は、近年、大きな問題としてクローズアップされており[12]、プラント建設当時の様々なトラブルとその対処方法を知るベテランオペレータのノウハウをいかにして伝承していくかが重要な課題となっている。また、近年ではプラントを構成する機器の信頼性が向上し、運転が安定化して、めったに変調が発生しない状況となっていて、若手のオペレータはトラブルの経験をなかなか積むことができないのが実態である。

DCSにおいてアラームが発生した場合、それが比較的頻繁に発生する変調に伴うものであれば、オペレータは容易に原因を推定し、適切な対処を取ることが可能である。しかし、発生頻度が非常に少ない異常・変調の場合、過去のトラブル対処経験が少ないオペレータにとっては、原因を推定して適切な対処を取ることが容易ではない。

そのため、過去のトラブル情報を蓄積し、DCSで発生したアラームの内容にしたがって適切な過去のトラブル対処情報を自動的に検索して、オペレータにガイダンスとして提供することは、トラブル解決のヒントを与える意味で非常に重要なこととなる。

一方で、オペレータはプラントを運転するうえで必要な様々な操作をDCSから行う必要があるが、1年に1回程度のように非常に頻度の少ない運転操作

の場合は、手順書を傍らに置きながら操作を行うなど、何らかの情報に頼ることによって、自信を持って運転操作をすることが可能となる。手順書をオンライン化し、必要に応じて呼び出したり、或いは、グラフィック画面の中のある場所をクリックするとヘルプ情報が呼び出されたりするような運転支援機能も、運転を効率化し、安全な操作を行うために重要な要素となってくる。

文献[46]では、アラーム発生に伴い、その対処方法や原因推定方法を示したガイダンス画面を表示する仕組みについて解説がなされている。

また、非定常画面運転の進捗状況表示画面の例で示した文献[45]においては、画面上の「●」表示をクリックすると運転手順が表示されるヘルプ機能を採用している。

6.7 運転管理者向けの情報の取扱い

シフトリーダーや運転主任などの立場になると、単にプラントを正常な運転状態に保つだけではなく、原料や用役の使用効率、製品間の製造バランス、製造スケジュール管理、原材料や製品の一時在庫バランス、品質管理など、様々な運転管理業務が求められることになる。

これらの運転管理業務を遂行するにあたり、適切なグラフィック画面を作成することで業務の効率化や質の向上を検討することができる。

運転管理に必要な情報だけを集めて一覧表の形式にするだけでも数多くの画面から運転管理に必要な情報を探し出す作業から開放されることになるが、さらには原単位を求めるなど、必要な計算や加工を行った管理用数値情報を表示させたりトレンドなどの図的表現を伴って表示させたりする工夫などをすれば、より適切で効率的な運転管理が可能となる。

6.8 まとめ

第6章では第5章までのプロセスフローをベースとしたグラフィック画面とは異なり、非定常運転操作やアラーム対処操作などの局面に特化した画面のグラフィック画面の仕様について検討を行った。

アラーム対処については、プラント運転の基本となる操作であり、迅速かつ的確に、また優先順位を付けて抜けなく対処操作を行っていく必要がある。そのためにグラフィック画面で提示すべき情報は多く、また、オペレータが正し

い認識を行っていくためにはアラームの優先度などについて適切な表現を行う
必要があり、そのための方法を提示した。

非定常運転操作についても、プラントの状態遷移についてオペレータが正しい
認識をし、短時間で効率的に、また、正しい認識を行っていくためには、グ
ラフィック画面で適切な情報の提示が必要であり、そのための様々な表現方法
を提案した。

第7章 プラントの安全に関わるグラフィック画面設計の手法

過去の大きなプロセス災害において、オペレータが十分に状況認識をできずに災害に至った例が存在する。プロセスの重要な変化をオペレータが間違いなく把握し、正しいアクションに結び付けるためにも、グラフィック画面の果たすべき役割は大きい。

この章では、プラントの安全を確保するうえで、グラフィック画面を作成する際に留意すべき点について検討する。

7.1 誤認識防止に関する手法

まず、プロセスで何が発生しているかを、オペレータが正しく把握するために必要なグラフィック画面の機能について整理する。

(1) 数値の表示位置

オペレータはグラフィック画面に表示された数値情報をもとに、現在の状況を認識する割合が大きい。数値表示がプロセスのどの部分の情報であるかをオペレータに正しく認識させることは、非常に必要な要件である。

そのためには、数値表示がどの部分の計測値であるかを示すセンサ記号をグラフィック画面内に描き、そして数値表示をセンサ記号にできるだけ近づけて記載するように配慮が必要である。

グラフィック画面には多数の計測点が存在し、複数の数値表示が近接して描かれることになる。配管を示すラインを通す場所を工夫したり、センサ記号の描く位置を工夫したりすることで、それぞれのセンサ記号とこれに対応する数値表示が、互いに最も近い距離であるように位置関係を調整することが必要である。

また、数値表示には計器を識別するためのタグ名を併記し、同時に工業単位も明記する。このようにすることで、数値が液面の値であるか、温度の値であるかを誤って認識することが防止できる。

(2) ラインの色変り

プロセスラインや用役のラインが、流れているか流れていないかを色変

りて表示させることは、プロセスの状態をひと目で認識するためには非常に重要な要素である。ラインの色変りをさせるための条件をグラフィック画面に定義していくことは非常に手間が掛かる作業であるが、プロセスの状態を短時間で正しく把握するためには、ラインの色変りは必須であると考ええる。

(3) アラームの識別方法

アラームが発生すると数値表示の部分や対応する調節弁やポンプ、ON/OFF 弁などが赤に色変りすることで、アラーム発生箇所は容易に認識できることになる。しかし、赤に色変化するだけでは、発生したアラームが HI アラームなのか LO アラームなのかが認識できないことになる。

これを防止するため、グラフィック画面の数値表示に対してアラームの発生方向を示すための情報を追加して表示させることが考えられる。

数値表示にアラーム発生方向 (HI または LO の別) を表示する方法の例を図 7.1 に示す。

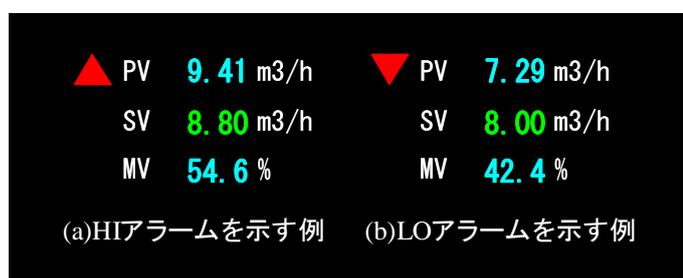


図 7.1.数値表示にアラーム発生方向を併記する例

(4) 定常状態との差異の表示

第 6 章において図 6.4 で示した蒸留塔の温度分布では、定常状態からのずれを表示することで蒸留塔内部の低沸物や高沸物の分布が正常であるか、また、運転状態を補正するためのアクションとして何が必要であるかを容易に認識することができるようになる。

蒸留塔に限らず、定常運転状態との差異を示すことで、プロセスの現状把握が容易になり、適切な対応操作を取ることが可能となる。

(5) ON/OFF 弁の開閉状態

ON/OFF 弁の開閉状態はグラフィック画面で色変りをさせることで認識させるようになるが、ON/OFF 弁の開閉動作が完全でなく、閉のはずであるのが実際には漏れているようなことが発生することがある。

ON/OFF 弁の開閉状態は、ON/OFF 弁に取り付けられたリミットスイッチと呼ばれる小さなスイッチの接点の状態で判断することになる。リミットスイッチについては、開側、閉側のどちらに設置されているか、両方についているか、或いは全く付いておらず出力信号だけで開閉状態判断するかなど、種々の場合が存在する。トラブル原因のひとつの可能性として、リミットスイッチの接点が確実に接触しておらずに開閉の状態信号が誤って表示されている可能性を考えることが必要であり、そのためには、先に 3.2.3 項で述べたようにリミットスイッチがどのように設置されているかを知ることができるようにしておくことが必要である。

7.2 誤判断防止に関する手法

プロセスの状態を正しく把握できる要素を整えたとしても、オペレータが判断ミスを起こさないよう、さらなる工夫が必要である。

(1) 液面バー表示

グラフィック画面の中に多数の液面計が存在する場合、数値表示だけではプロセス全体の液量バランスを把握することは困難である。

また、液面計の単位が「%」ではなく、液量や液深を示す「m³」や「mm」などの場合、液面計の指示値がフルレンジ（上下限）に対してどの程度の位置にあるかを知る必要がある。

これらの判断を助けるために、液面バー表示は確実に重要な働きをすると考えられるため、グラフィック画面にはできるかぎり液面バー表示を記載することが望ましい。

(2) 変化の方向性の把握

数値表示を見ているだけでは、値が増加しているのか減少しているのかを知るのに時間を要することになる。また、長時間観察しないと正しい変

化の傾向が把握できず誤判断を招くことになる。さらには複数の計器について増加/減少の判断を行うことは困難である。

これを防止するため、先に述べた小さいトレンド画面をグラフィック画面に埋め込むことや、変化の方向をマークで数値表示に併記することなどが考えられる。これらが DCS の標準機能として備わっておらず、作りこむことが困難な場合は、グラフィック画面から必要なトレンド画面への切り替えをワンタッチで行えるようにしておくだけでも、変化の傾向を正しく判断するための助けになる。

(3) 系列の誤認識の防止

よく似た構成のプロセスが複数系列存在する場合、見ているグラフィック画面がどの系列の画面であるのかを誤認識してしまう可能性がある。

これを防止する方法として、画面のタイトルに系列名を記載したり、それぞれの計器のタグ名に系列名を認識できるコードを埋め込むことなどが考えられる。

そのほか、グラフィック画面の一部に系列固有の色で何らかの識別表示を行っておくことなどが考えられる。また、運転休止中や非定常操作中の系列のグラフィック画面には、系列の状態をテキスト文字で明記するような工夫も考えられる。

7.3 誤操作防止に関する手法

オペレータがグラフィック画面を通して何らかの操作を行うとき、うっかりと誤った計器を操作したり、意識レベルが低下した中でプラント全体が停止に結び付くような重要な計器を誤って操作したりする可能性がある。

安定にプラントを運転するためには、このような誤操作を防止することが必要である。

(1) 計器操作時の確認操作

DCS の機種によっては、計器ごとにカスタマイズ可能な仕様として、操作時の確認要求が発生するような設定が可能である。これを設定すると、計器を操作しようとしたときに、操作を行ってもよいかを確認するための

ダイアログが表示され、ここで「Yes」を押さない限り、操作ができないことになる。オペレータにとってはワンアクション余分になることで、指差呼称を行うための時間を与えられるなど、精神的な歯止めとはなるが、確認操作を要求する計器が多くなると、あまり効果がなくなってしまうことになる。この機能を用いる場合には、対象とする計器を厳選する必要がある。

(2) 操作許可スイッチの設置

重要な操作を行うためのスイッチ類などは、間違っただけで操作してしまうことを防止するため、通常状態ではロックが掛かっていて単独では操作できない仕組みにしておき、操作が必要となったときだけ別のロックスイッチを解除して操作を可能とすることが考えられる。

この方法では、特別な操作が必要なタイミングのみにロックを解除する操作を行うので、ロックが解除されている間はオペレータは特別の緊張感を持って操作を行うことが可能となる。

ロック解除は一時的に可能な仕組みとし、1つの操作を行うと自動的に再びロックが掛かるなど、常時はロックが掛かった状態にできる仕組みも必要となる。

7.4 手順の抜け防止に関する手法

一連の操作手順に従って操作を行う場合、手順書を見ながらこれに従って操作を行っていくのが原則ではあるが、慣れてくるに従って、オペレータは手順書を見ずに操作を行ってしまう傾向がある。そのような場合、手順をひとつ飛ばしたりすることによって災害に結び付くケースが起こりえる。

これを防ぐ手段について考察する。

(1) 手順書の画面表示

一連の操作を実施する際に用いるグラフィック画面を作成しておき、手順が流れ図として記載されており、かつ、どのステップまで進んだかが色変りによって示される仕組みを構築する。これによって、手順の抜けや誤りを防止できると考えられるが、表示内容を見過ごしたりする可能性はま

だ残ってしまう。

(2) インターロックの設置

誤った手順で操作しようとした場合、インターロックシーケンスによって操作ができないように条件を組んでしまうことが考えられる。これを行えば、誤った手順での操作はできないが、誤った手順を実行しようとしたことがメッセージやアラームなどで表示されないと、何を誤ったのか、なぜ先へ進まないのかがオペレータには認識できなくなってしまう。

このようにインターロックについては、ステップが先へと進まない原因や操作を誤った内容などが理解できるように、十分なメッセージで示すことが重要である。

7.5 忘れ防止に関する手法

人間には忘れることがつきものであり、あとで操作を行おうと思っても、忘却してしまうことがあり得る。これを防止するための手段について考えてみる。

(1) アラームの発生状態の表示

多数のアラームが発生した場合、オペレータは優先順位を付けて対処を行っていくが、状態が進展してくると、復帰していないアラームが何であるか、また、一連の操作中に別の工程などでアラームが発生したのを見逃していないかが気になってくる。

アラーム発生部位をグラフィック画面で赤の表示を行っておけば、グラフィック画面を順次みていけば、未対応のアラームが残っている工程を見つけることができるが、多数のグラフィック画面を順次確認していく必要があって効率的ではない。

これを解決する手段として、どの工程でアラームが発生したままになっているかを示すグラフィック画面を作成することが考えられる。

シーケンスプログラムで工程内のいずれかの計器でアラームが発生しているとフラグを立てる方式で、アラームが発生したままの工程の名称などを表示するグラフィック画面と連動させることが考えられる。

しかし、工程内の計器が多数存在するとプログラムの規模が大きくなり、また、メンテナンスも複雑になってしまうという欠点もある。

文献[40]では、アラームを工程の単位で重要度に応じて情報を集約して表示させる仕組みが示されている。どのレベルまで集約を行うかは検討事項であるが、必要な範囲についてアラーム情報を集約したかたちでオペレータに提示することは重要な要素であると考えられる。

(2) 作業指示の再メッセージ

オペレータに何らかの操作を促すメッセージを表示したような場合については、一定時間のうちにそのアクションが実施されない場合に、再度、同じメッセージを表示するようなシーケンスプログラムを作成する方法を取ることが考えられる。

7.6 まとめ

第7章では、誤認識、誤判断、誤操作の防止や、忘れの防止のために、グラフィック画面を中心として取ることのできる対策について検討し、その解決策を示した。

これらは、各企業においてすでに実施されているものもあると考えられるが、手法の網羅的なレビューはあまり実施されていない。

ここで提示した各種の解決手法は各企業において参考となるものであると考えられる。

第8章 グラフィック画面の設計と管理の手法に関する考察

8.1 初期設計の手法に関する考察

グラフィック画面の作成対象となるプロセスフローは、通常、非常に長く複雑なものであり、補助的な工程なども含めると通常は数十ページ以上のグラフィック画面が必要となる。これらの膨大なページ数のグラフィック画面を統一的に作成し、かつ、オペレータにとって運転操作が効率的なページ分割にするためには、グラフィック画面を作成する前の段階で全体の構成を熟慮する必要がある。

効率的に分割されたグラフィック画面を作成していくためには、グラフィック画面のページを分割する箇所に関する考え方を明確にする必要がある。

例えば、運転負荷変更や品種変更などの一連の操作を実施する際に、関連して操作を行う計器や、互いに影響を及ぼす計器は、できるだけ同一の画面に含めて表示されることが望ましい。

石油精製や化学のプロセスにおいては、長いプロセスフローを工程やセクションと呼ばれる単位に分割して設計や操作の検討が行われる。工程間にはバッファータンクが設置されていることもあり、それぞれの工程は比較的独立性が高いことが多くなっている。そのため、グラフィック画面を描く際には、この工程という概念でプロセスフローを分割することがまず考えられる。

化学プロセスの中で最も計器数が多いと考えられるのは反応系などである。反応系では、温度計や流量計、圧力計などの多数の計器が反応器を中心に設けられており、その他に、反応熱の除去のための冷却系統や触媒の循環や補給のための機器などが付帯的に設置されていて、これらに付随する計器を含めるとさらに計器数が増大する。

このように、複雑な反応系などのグラフィック画面については計器数が非常に多くなり、全ての機器や計器を1枚のグラフィック画面に収めることが困難な場合が起こりえる。そのような場合は、反応系のグラフィック画面をプロセス流体側と冷却系側とに分割することや、重要な計器のみを抽出して1枚のグラフィック画面を構成し、その他の副次的な計器については、詳細画面を作成して、そこに表示することが考えられる。なお、このように反応系などの画面を分割する場合においては、一連の操作を行う際に必要な計器や互いに影響を

及ぼし合うため同時に監視したい計器については、1枚のグラフィック画面に描く必要がある。

次に、工程間の境界に位置する機器（例えばバッファータンクの液面計や、輸送配管の調節弁や流量計など）については、前後両方の工程のグラフィック画面に含めることも考えられるが、常に両方の工程のグラフィック画面に含めることとしてしまうと、画面に含める計器の数が増大してしまい、結果としてグラフィック画面のレイアウト空間を圧迫してしまう。

これを防止するため、工程間の境界に位置する機器については、どちらか一方の、関連性がより重要である側のグラフィック画面にだけ含めて描くこととするのが望ましい。どうしても前後両方の工程から参照する必要がある計器については、どちらか一方のグラフィック画面での表示をグラフィック画面内の通常の数値表示とし、もう一方の画面では参考表示として数値だけを別枠で画面の一方の隅に表示することなども考えられる[47]。

8.2 設計変更の手法に関する考察

一旦完成したプラントであっても、その能力を最大限に発揮させるため、様々なプロセス改善が日々検討されており、定期修理のタイミングなどに併せて、何らかのプロセスの改造が実施されることがよく発生する。当然、作成したグラフィック画面についてもプラントの改造に併せて変更を行うことが必要であり、その作業を効率よく、かつ、間違いを生じさせることなく遂行することは、プラントの改造作業と同様に非常に重要なことである。

また、プロセスの変更が無くても、計器の仕様についても調節計と指示計とが入れ替わったり、制御ループが変更となったり、或いは単純に計器の計測レンジが変更となったりするケースがしばしば発生する。

このように、プロセスフローの変更に伴うグラフィック画面の変更や、DCS上の計器の仕様変更に伴うグラフィック画面の変更など様々なケースに応じて、グラフィック画面のどの場所を修正する必要があるかを確実に、漏れ落ちなく検索して抽出する必要がある。

グラフィック画面においては、単純に数値表示などに計器のタグ名が指定されているだけでなく、機器やラインなどの色変り条件式の中に様々なタグ名が使用されていることが数多くあり、そのような部分までを含めて完全に検索が

行われる必要がある。

第3章で実施したアンケートの結果では、DCSのユーザーはグラフィック画面の変更必要箇所を体系的に検索しているケースは約3分の1と少なく、通常は作業者の記憶に頼ったり、複数の関係者で協議して抽出したりする程度に留まっており、検索までは実施していないことが分かった。

DCSベンダーが提供するメンテナンス用ソフトにはある程度の検索機能を搭載していることが多いが、グラフィック画面の内容についてまでの詳細な検索はサポートされていないことも多く、実用上、十分なレベルまでのサポートが実施されているとは限らないのが実情である。

修正必要箇所の抽出の漏れ落ちを防止し、効率的な修正作業が実施できるようにするため、DCSベンダーは、精度の高い検索ツールを提供するように努力していただきたいものである。

修正の必要箇所が検索され抽出できたとして、それを間違いなく修正することが、次に重要になってくる。万一、誤った箇所を勘違いして変更してしまうと、DCSの本来の監視操作機能が失われてしまい、安全面でも大きな影響が発生することが想定される。1名の作業では見誤りや勘違い、思い込みなどが発生する可能性が高いため、修正作業は2名体制で慎重に確認しながら実施していくことが望ましいと考える。

8.3 動作確認の手法に関する考察

新たに作成したグラフィック画面や部分的に変更を実施した画面については、表示内容や色変り、画面展開など、盛り込んだ全ての機能が設計通り正常に動作するかをチェックする必要がある。

しかし、アンケートの結果によると、通常は作成者が開発環境においてある程度のチェックを実施するだけに留まり、十分な精度の動作チェックが行われていないのが現状のようである。

グラフィック画面の完璧なチェックを実施するためには、詳細なチェックリストを事前に作成し、そのチェックリストに沿って、ひとつひとつ確実に動作確認を実施する必要がある。チェックリストはチェック作業が効率的に実施できるよう、チェックの順序やその方法が明快に記載されている必要がある。また、チェック欄は確実に小分割で利用し、決して、チェックが終わったあとで

まとめて全てのチェック欄に印をいれるようなことがあってはならない。

設計者やソフト入力者自身が動作チェックをすることは設計内容自体を熟知している点では好ましいことではあるが、思い込みを排除できないこともあるため、設計者や入力者以外の他の人が動作チェックを行うことが望ましい。さらに、チェック作業を1名が1回だけ実施するのでは、勘違いや見間違いを排除できないため、できれば人を変えて、2回または3回のチェックを行うことが望ましい。チェック作業の手順についても標準化を行い、同じ条件、同じ手法で確実な動作チェックを実施できるように教育を行うなどの配慮をすることが必要である。開発環境においては模擬的な信号の入力方法に制限を受けてしまうことも考えられ、特に異常状態についてのチェックは、完全には実施できないことが想定される。このような場合については、どのような方法でチェックが可能かを関係者で協議して詳細なチェック手順を予め検討しておく必要がある。

グラフィック画面の一部だけを変更した場合については、変更した箇所だけの動作を確認すればよいはずであるが、その前提として、先に述べたように変更作業を2名体制で実施するなど、本来の変更箇所以外については変更をしていないことを補償する必要がある。

人間の属性として、本来は変更の必要が無い場所までを、作業のついでに良かれと思って手を加えてしまうことが有り得る。その作業の内容が正しければよいが、万一、誤った内容に変更してしまったような場合は、誤りを見つけることが非常に困難となってしまう。

このような変更までを見つけるために、修正前の状態のファイルと、修正後のファイルとをコンピュータ上で差分を取り、修正された内容がどの部分のどんな内容であったかをリストアップするようなソフトが必要となってくる。変更前後のグラフィック画面ファイルの差分を抽出し、加えられた変更をグラフィック画面上のどの部分であるかを示し、その内容を詳細表示できるような差分抽出ツールが開発されるべきであると考ええる。

8.4 変更管理に関する考察

先に述べたように、プラントの改造などに伴って、グラフィック画面の変更も、定期修理などのたびに様々な規模で実施が必要となる。

設備については法的な規制があるために、変更の許可や記録を詳細に残しているケースは多いが、グラフィック画面についても、同様のレベルで変更記録を残しておくことが重要である。変更を行った際の思想や背景、変更前と変更後の差異などが、あとからトレースできることは、グラフィック画面全体の品質維持のために必要なことである。設備の変更と対をなして、DCSの計器仕様などの変更やグラフィック画面の変更についても、きっちりとした記録を残すよう、各社でルール化が行われることが強く望まれる。

グラフィック画面については作業方法を覚えてしまえば誰でも自分の好みに応じて勝手な変更を行うことが可能となってしまう。必要でない変更を行ってしまい、そのため正常なグラフィック画面の機能が失われてしまうことなどが無いよう、変更箇所については厳格なルールの設定と運用を行い、変更許可の制度を維持することが必要と考える。

折角標準化して制定したグラフィック画面のルールについても、そのルールに従った修正が都度行われないと、全体としての統一感がなくなり、整合性が取れないものとなってしまう。そのためには、変更の許可を行う際に、ルールに則った、元々の設計思想に準拠した変更内容であるかを経験を積んだ有識者で確認する必要がある。健全なグラフィック画面の維持のためには職制による形式的な変更許可だけではなく、実質的なグラフィック画面の管理者を設け、統一性の維持を常日頃から図っておく必要がある。

8.5 まとめ

第8章ではグラフィック画面を中心としたDCSの各種画面の変更管理方法について、適切な管理の必要性とその効果などについて検討を行った。

膨大なマンパワーを掛けて作成したグラフィック画面やその他の種類のDCS画面も、プラントの設備変更などに追従して適切にメンテナンスを行っていかないと実際のプラントとの相違が生じ、安心して運転を行うことができなくなってしまう。

また、当初に決めた仕様を伝承し、これに確実に従って統一感のある画面を作成して努力を怠ると、膨大な労力を掛けて作成した画面群の体系や思想があつという間に崩れ去ってしまうことになりかねない。

このように、グラフィック画面をはじめとするDCSの各種画面の維持管理

は、目立たないながらも設備管理上の非常に重要な要素であり、管理には地道な努力が必要とされるものである。

第 8 章の内容を参考として、各社においてグラフィック画面等の適切な維持管理が継続的に行われることを期待する。

第9章 結言

DCS を用いたプラント運転で最も多用されるグラフィック画面について、その描画仕様は DCS の発売開始以来 30 年あまり標準化されないまま、ユーザー各社の独自のルール化に留まっていた。

本研究では、各社のグラフィック画面の実態を調査し、共通する問題点を明らかにすると共に、その調査から見えてきた「あるべき仕様」を、人間工学的な視点から整理し、グラフィック画面の標準仕様の推奨案を提案した。

そして、この標準仕様の推奨案について、その妥当性を検証するため、各社から合計 50 名のオペレータの協力を得て比較検証を行い、ほとんどすべての項目についてオペレータの賛同を得ることができた。

提案するグラフィック画面の標準仕様が今後各社に採用されてゆき、オペレーションの効率化とプラント運転の安全性向上に貢献し、その結果、わが国のプロセス産業の発展と国際競争力強化に少しでも寄与できれば幸いである。

また、本研究では、非定常運転時やアラーム対処などに用いられるフローシートをベースとしないグラフィック画面についてもあるべき仕様を検討し、いくつかの具体例を示しながら検討を行った。これについても各社のグラフィック画面設計者への参考になることを期待する。

円高や豊富な資源と安い労働力を持つ国々が台頭してくる中で、わが国のプロセス産業は、現在でも何とか競争力を維持している。その源泉となるのが、高度で木目細やかなプラント運転管理技術と、安定化技術、制御技術、そして、これらを支える関係者の大いなる努力であると考えられる。

化学工学の一分野であるプロセスシステム工学から発展し、プラント運転に関わる技術を「プラントオペレーション工学」として体系化し発展させようとした試みが 1980 年代後半からはじまり、現在でも継続した取り組みがなされている。

この分野では大学側主導の研究だけではなく、産業界からも数々の技術開発の報告がなされ、産学共同での研究も数多く実施されている。

しかしながら、プラント運転手法の体系化については、まだ発展途上であり、今後の研究が待たれるところである。

産業界側に身を置き、プラント運転やその周辺の業務に従事する立場の人間として、日頃から取り組んでいるプラントオペレーションの効率を少しでも高めて進歩させようとする、基礎的で目立たない種々の検討についても、少しは学問的に裏付けを行って体系化することで、内容を発展させていく活動を実施したいと考えていた。

また、設計現場での日々の改善などの地道な取り組みについても、一企業の知的財産として守っていただくだけではなく、わが国のプロセス産業全体の発展に少しでも寄与できるように情報を公開して共有化し、各社のご意見を取り入れながらさらに発展させていくという取り組みも、今後、ますます盛んになっていってほしいと考える。

本研究の内容も、企業で取り組んでいた検討をもとに、大学側の指導をいただきながら、その内容を発展させて体系化したものであり、これまで実現していなかった産業界での規格や仕様の標準化に進展していくことを望んでいる。

本研究がこうしたプラント運転手法の体系化や標準化の動きに一石を投じ、今後の継続した研究につながっていくことを願うとともに、わが国のプロセス産業の競争力強化に寄与できることを祈念する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、暖かいご指導と適切な助言を頂きました奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科システム制御・管理講座の 西谷 紘一 教授に心から感謝を申し上げます。

また、副指導教員としてご助言をいただきましたソフトウェア工学講座の 松本 健一 教授、システム制御・管理講座の 野田 賢 准教授に深く感謝致します。

そして本研究の中で実施したアンケート調査および画面仕様の比較検証調査にご協力をいただきました(社)化学工学会 システム・情報・シミュレーション部会のプラントオペレーション分科会および(独)日本学術振興会のプロセスシステム工学第143委員会の会員企業の皆様方に深く感謝申し上げます。

そのほか、貴重な情報をご提供頂き、意見交換をさせていただきました 慶応大学理工学部管理工学科 岡田 有策 教授、和歌山大学システム工学部デザイン情報学科 山岡 俊樹 教授、東洋エンジニアリング(株)の鈴木剛様に感謝を申し上げます。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり、様々なご配慮と発表の許諾をいただきましたダイセル化学工業(株)の皆様にご心からの感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 馬場一嘉, 西谷紘一 : プラント運転用のDCS画面設計に関するアンケート調査結果と考察, ヒューマンファクターズ, 14(1), 35-44, 2009
- [2] Kazuyoshi Baba and Hirokazu Nishitani : Study on Design Rules of DCS Graphics for Plant Operation, Proceedings of the 5th International Symposium on Design, Operation and Control of Chemical Processes (PSE Asia 2010), 794-801, Singapore, 2010
- [3] 馬場一嘉, 西谷紘一 : DCSグラフィック画面に関するオペレータ評価, ヒューマンファクターズ特別号 (2010年度日本プラント・ヒューマンファクター学会大会予稿集) , 30-31, 2010
- [4] 横河電機株式会社ホームページ : 生産制御システム製品一覧,
<http://www.yokogawa.co.jp/dcs/products/dcs-product-index-ja.htm>
- [5] 株式会社山武ホームページ : 山武のあゆみ, 第1編 産業オートメーション史,
http://www.azbil.com/jp/corp/history/pdf/history100_12.pdf
- [6] 馬場一嘉 : 化学プラント建設物語(第9回)異常時への対応, 化学工学, Vol.70, No.4, pp.224-226, 2006
- [7] 株式会社山武 : Advanced-PS ピクチャ・エディタ コンフィギュレーション説明書, 2009
- [8] 横河電機株式会社 : CS1000/CS3000 リファレンス エンジニアリング編 Vol.2, 2004
- [9] IntegraXor ホームページ : <http://www.integraxor.com/screens.htm>
- [10] Health and Safety Executive : Accident summary, The explosion and fires at the Texaco Refinery, Milford Haven. 24th July 1994,
<http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casetexaco94.htm>
- [11] Texas City : FATAL ACCIDENT INVESTIGATION REPORT, Isomerization Unit Explosion Final Report, Texas, USA, 2005,
http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/us/bp_us_english/STAGING/local_assets/downloads/t/final_report.pdf
- [12] 化学工学会 システム・情報・シミュレーション部会プラントオペレーション分科会 : プラントオペレーションおよび技術伝承に関するアンケート調査報告書, 2005

- [13] 日本規格協会：JIS C 0448 表示装置（表示部）及び操作機器（操作部）のための色及び補助手段に関する規準, 1997
- [14] 日本規格協会：JIS B 9705-1 機械類の安全性 制御システムの安全関連部 第1部：設計のための一般原則, 2000
- [15] 日本規格協会：JIS Z 9103 安全色—一般的事項, 2005
- [16] 日本規格協会：JIS Z 9102 配管系の識別表示, 1987
- [17] 日本電機工業会：電動機制御用操作スイッチのボタンの色別、文字並びに配列（JEM1100）, 1965
- [18] 日本配電盤工業会：配電盤類及びその取付器具の色彩（JSIA 117:2010）, 2010
- [19] 日本配電盤工業会：キャビネット形動力制御盤（JSIA 113）, 2005
- [20] 日本規格協会：JIS C 0447 マンマシンインタフェース(MMI)—操作の基準, 1997
- [21] 日本規格協会：JIS Z 8209 化学プラント用配管図記号, 1988
- [22] 日本規格協会：JIS Z 8207 真空装置用図記号, 1999
- [23] 日本規格協会：JIS Z 8204 計装用記号, 1983
- [24] (財)エンジニアリング振興協会：PFDとP&ID図面記号, ENAA Standard 601- 88, 1987
- [25] U.S. Nuclear Regulatory Commission：Human-System Interface Design Review Guidelines (NUREG-0700, Rev.2), Washington DC, 2002
- [26] 前田 宗昭, 土屋 明良, 玉川 宏一, 中野 俊輔, 青柳 俊宏, 横山 昌徳, 小松原忠雄, 北村 雅司, 今瀬 正博：PWR総合デジタル化システム向け中央制御盤の標準化開発と検証, 日本原子力学会和文論文誌, 2(3), 93-104, 2003
- [27] 石井春江, 西谷絃一：監視操作システムの評価と改善のための設計指針, 日本プラントヒューマンファクター学会誌, Vol.3, No.1, pp.47-57, 1998
- [28] 日本学術振興会プロセスシステム工学第143委員会：プラントオペレーションにおけるヒューマンインターフェース, 日本学術振興会プロセスシステム工学第143委員会ワークショップNo.15報告書, 1996
- [29] Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo, Eddie Habibi：The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008
- [30] Fiset J：Human-Machine Interface Design for Process Control Applications, ISA, 2009

- [31] Federal Aviation Administration : Human Factors Design Standard, 2009
- [32] 化学工学会プラントオペレーション工学特別研究会 : CRTオペレーションに関するアンケート調査報告書, 1992
- [33] 西谷紘一, 藤原健史, 黒岡武俊, 北島禎二, 福田稔 : プラント運転システムに対するユーザビリティテストの試み, 日本プラントヒューマンファクター学会誌, Vol.1, No.1, pp.26-35, 1996
- [34] Engineering Equipment & Materials Users Association (EEMUA) : Process Plant Control Desks Utilizing Human-Computer Interface, EEMUA Publication No.201, 2002
- [35] Bill Hollifield and Eddie Habibi : The Alarm Management Handbook, PAS, 2006
- [36] 河野龍太郎, 大塚勉, 真杉剛 : 運転員の持つプラントイメージを利用したCRT画面の有効性に関する基礎研究 ―画面に詰め込むか、分割するか―, 日本プラントヒューマンファクター学会誌, Vol.5, No.1, pp.33-42, 2000
- [37] 日本規格協会 : JIS Z 8513 人間工学―視覚表示装置を用いるオフィス作業―視覚表示装置の要求事項, 1994
- [38] 柳田邦男 : 恐怖の2時間18分, 文芸春秋社, 1983
- [39] 横河電機株式会社ホームページ : 統合型アラーム管理ソフト CAMS for HIS, <http://www.yokogawa.co.jp/dcs/solutions/dcs-cams-01ja.htm>
- [40] 特許第3580793号, プラント制御監視装置, 2004
- [41] 特開2000-89821, 監視制御システム, 2000
- [42] 内藤 基 : プラント情報管理強化の取り組みについて, 計装, 50(9), 50-53, 2009
- [43] 横河電機株式会社ホームページ : 運転効率向上支援パッケージ Exapilot, <http://www.yokogawa.co.jp/sbs/sbs-product/Exapilot/Exapilot-gaiyo.htm>
- [44] 株式会社山武ホームページ : 運転支援自動化パッケージ Knowledge Power, http://www.azbil.com/jp/product/ias/petro/sp_klge.html
- [45] 特許3709367号, プラント運転支援装置, 2005
- [46] 特許3699676号, プラント運転監視装置, 2005
- [47] 特開2006-185120, プラント制御監視装置, 2006

付録A グラフィック画面設計に関するアンケート

設問1 会社名、事業所名、製造部課名について、よろしければお答えください。

回答結果は省略する。

第1部：ご使用のDCSに関する設問

設問2 ご担当プラント群のDCS導入時期についてご回答ください。
(導入時期がいくつかに分かれている場合は主要なものを1つお答えください)

- ① 制御ステーション（フィールドステーション）の導入時期
- ② オペレータ用コンソール画面の導入時期

回答結果は図3.1に示した。

設問3 ご担当プラント群のDCSのメーカー名と機種についてご回答ください。

- ① メーカー名（ex. 横河、山武、東芝、・・・）
- ② 制御ステーション機種名（ex. CENTUM-XL、TDCS-3000、・・・）
- ③ オペレータ用コンソールの機種名（ex. EOPS、CS3000 HIS、IOUS、・・・）

回答結果を表A.1に示す。ここでは回答数は示さずに回答のあったメーカー名や機種名を列挙するに留める。

表A.1 使用中のDCSのベンダー名と機種についての回答

ベンダー名	制御ステーション	オペレータコンソール
横河電機	CENTUM-V CENTUM-XL CENTUM CS-1000 CENTUM CS-3000 CENTUM VP STARDOM YEWPACK μ XL	COPS, EOPS, EOPC ICS HIS MOPS
山武	TDCS-3000 APS5000 Harmonus DEO DOPCⅢ	UCN IOUS UsⅢ HSS DSS
東芝 (TMEIC)	CIEMAC 5000 CIEMAC 6000 TOSDIC 247 OMRON (PLC)	OIS5000 OIS6000 FA3100 iFIX
日立製作所	HISEC-04/R600 HIDIC-V90/AZ PCS/FXシリーズ	HIDIC-AZ/TX HIDIC-AZ/W
富士電機	MICREX	
ABB日本ベレー	シンフォニー	プロセスポータル
Emerson	Delta-V	DeltaV
Honeywell	EPKS/APM	

第2部：DCSグラフィック画面の開発や修正方法に関する設問

設問4 DCS導入時（またはオペレータコンソール更新時）にグラフィック画面(*)の設計・製作はどのように実施されましたか。

- ① プラント建設全体を担うエンジニアリング会社に依頼した
- ② DCSメーカーに依頼した
- ③ DCSメーカーの系列会社やサードパーティーの計装会社などに依頼した
- ④ 自社系列のエンジニアリング会社に依頼した
- ⑤ 自社で下絵や仕様まで設計し、入力作業は外注した
- ⑥ 自社（製造部門）で設計および入力を行った
- ⑦ 自社（設備部門やエンジニアリング部門）で設計および入力を行った
- ⑧ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

(*)ここではグラフィック画面とはプラントのPFD（プロセスフロー）などをベースとして作成された運転監視操作画面を指します。

回答結果を表A. 2に示す。

表A.2 DCS導入当時のグラフィック画面の設計・製作方法についての回答

	件数	%
① プラント建設のエンジニア会社に依頼	2	3.4
② DCS メーカーに依頼	13	22.0
③ DCS メーカー系列会社、計装会社	0	0.0
④ 自社系列のエンジニア会社	1	1.7
⑤ 自社で下絵設計、入力は外注	8	13.6
⑥ 製造で設計および入力	19	32.2
⑦ 設備部門で設計および入力	7	11.9
⑧ その他	9	15.3
	59	100.0

設問5 DCSグラフィック画面の追加や改造時には画面の設計・製作はどのように実施されていますか。

- ① 自社系列のエンジニアリング会社に依頼している
- ② 自社で設計し、入力作業は外注している
- ③ 自社（製造部門スタッフ）で設計および入力を行っている
- ④ 自社（オペレータ）で設計および入力を行っている
- ⑤ 自社（設備部門やエンジニアリング部門）で設計および入力を行っている
- ⑥ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 3に示す。

表A.3 グラフィック画面の追加改造時の設計・製作方法についての回答

	件数	%
①自社系列のエンジ会社に依頼	2	3.5
②自社で設計、入力作業は外注	4	7.0
③製造部門スタッフが設計・入力	13	22.8
④オペレータで設計・入力	9	15.8
⑤設備部門やエンジ部門で設計・入力	10	17.5
⑥その他	19	33.3
	59	100.0

設問6 DCS画面の設計・製作にオペレータはどのように参画していますか。

- ① 設計・製作ともオペレータに自由に任せている
- ② 設計・製作ともオペレータに作業分担させている
- ③ 設計は日勤者が行うがオペレータに内容確認して意見をもらっている
- ④ 設計は日勤者が行い、製作（入力）はオペレータが実施している
- ⑤ 完成した画面を使用する前にオペレータに確認してもらっている
- ⑥ 完成した画面を使用する前にオペレータに動作チェックしてもらっている
- ⑦ 完成した画面をオペレータに教育する際に内容確認もしてもらっている
- ⑧ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 4に示す。

表A.4 DCS画面設計へのオペレータの参画状況についての回答

	件数	%
①設計・製作ともオペレータの自由	7	12.3
②設計・製作ともオペレータが作業分担	10	17.5
③設計は日勤者、オペレータは内容確認	22	38.6
④設計は日勤者、入力はオペレータ	2	3.5
⑤完成画面を使用前にオペレータが確認	36	63.2
⑥完成画面をオペレータが動作チェック	21	36.8
⑦オペレータ教育の際に内容確認	30	52.6
⑧その他	6	10.5

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問7 プラントの改造などに合わせ、DCSグラフィック画面の変更必要箇所はどのようにして抽出していますか。(複数回答可)

- ① 設備変更内容から担当者が気がついた範囲で画面の変更を実施している
- ② 製造側と電気計装担当とで協議して画面変更内容をリストアップする
- ③ コンピュータ上で検索して修正必要箇所をリストアップする
- ④ 修正予定内容を回覧して漏れが無いか確認してもらう
- ⑤ その他 (具体的には以下の欄にご記入ください)

回答結果を表A.5に示す。

表A.5 DCS画面変更必要箇所の抽出方法についての回答

	件数	%
①担当者が気づく範囲で画面変更を実施	37	64.9
②製造と計装担当とで協議しリストアップ	25	43.9
③検索して修正必要箇所をリストアップ	15	26.3
④修正予定内容を回覧し漏れがないか確認	18	31.6
⑤その他	8	14.0

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 8 DCSグラフィック画面の修正頻度についてお答えください。

- ① オペレータの要望や改善のため、運転中でも日常的にグラフィック画面の変更を実施する
- ② 変更の必要性が生じたら、ある程度まとめて、運転中にグラフィック画面に変更を実施する
- ③ 誤りを修正する場合を除いては運転中はグラフィック画面の変更を実施しない
- ④ 運転中はたとえ誤りの修正であってもグラフィック画面の変更は実施しない
- ⑤ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 6に示す。

表A.6 DCS画面の修正頻度についての回答

	件数	%
①改善のため運転中でも日常的に変更を実施	24	42.1
②ある程度まとめて、運転中に変更を実施	22	38.6
③誤り修正以外は運転中は変更を実施しない	6	10.5
④運転中は誤り修正でも画面変更しない	3	5.3
⑤その他	4	7.0

（%は、回答総数57件に対する比率）

設問 9 DCS画面の変更について、どのような承認が必要としていますか。

- ① オペレータの自由に任せている
- ② 直長や運転主任などの承認が必要としている
- ③ 製造課長クラスの承認が必要としている
- ④ 製造課長クラスと電気計装の課長クラスの承認が必要としている
- ⑤ 製造や電気計装をはじめ、工場内の複数部門の承認が必要としている
- ⑥ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 7に示す。

表A.7 DCS画面変更の承認方法 についての回答

	件数	%
①改善のため運転中でも日常的に変更を実施	24	42.1
②ある程度まとめて、運転中に変更を実施	22	38.6
③誤り修正以外は運転中は変更を実施しない	6	10.5
④運転中は誤り修正でも画面変更しない	3	5.3
⑤その他	4	7.0

設問10 DCS画面のうちグラフィック画面は、オペレーションのうえでどの程度重要な位置を占めていますか。

- ① オペレーションは調節計が複数並んだ画面を中心に行っており、グラフィック画面は補助的に使う程度である
- ② オペレーションは調節計が複数並んだ画面とグラフィック画面とを併用しており、利用頻度は半分ずつ程度である
- ③ グラフィック画面を中心として監視・操作などオペレーションのほとんどすべてが行われている
- ④ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A.8に示す。

表A.8 オペレーションの中でのグラフィック画面の位置づけについての回答

	件数	%
①調節計が並んだ画面が中心、GRは補助的	1	1.8
②調節計が並んだ画面とGRを併用	8	14.0
③グラフィック画面がほとんど中心	46	80.7
④その他	2	3.5
	57	100.0

第3部：DCSグラフィック画面の作成基準の有無に関する設問

設問11 DCSグラフィック画面設計に関して、描画要素(*)の使用色などについて統一基準はありますか。

- ① 全社（グループ企業を含めて）の統一基準がある
- ② 全社（単一企業）での統一基準がある
- ③ 事業所（工場）内での統一基準がある
- ④ 事業所（工場）全体ではないが複数の部門で共通の基準がある
- ⑤ ひとつの部門で基準がある
- ⑥ 統一基準は無い
- ⑦ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

(*)描画要素とは、グラフィック画面の中のポンプ、CV（調節弁）や数値表示などを指します。

回答結果を表A.9に示す。

表A.9 グラフィック画面設計に関する統一基準の有無についての回答

	件数	%
①グループ企業を含め全社の統一基準あり	6	10.7
②単一企業での統一基準あり	3	5.4
③事業所（工場）内での統一基準あり	15	26.8
④複数の部門で共通の基準あり	4	7.1
⑤ひとつの部門で基準あり	12	21.4
⑥統一基準は無い	6	10.7
⑦その他	11	19.6
	56	100.0

(設問 1 1 で⑥以外の回答をされた方のみお答えください)

設問 1 2 上記の統一基準は規定や仕様書として明文化されていますか。

- ① 規定やルールとして制定して管理している
- ② 制定まではしていないが、書面でルール化されている
- ③ 書面はない
- ④ その他 (具体的には以下の欄にご記入ください)

回答結果を表A. 10に示す。

表A.10 グラフィック画面設計に関する統一基準の明文化状況についての回答

	件数	%
①規定やルールとして制定	17	32.7
②制定していないが、書面でルール化	21	40.4
③書面はない	7	13.5
④その他	7	13.5
	52	100.0

(設問 1 1 で⑥以外の回答をされた方のみお答えください)

設問 1 3 上記の統一基準は確実に守られていますか。

- ① 確実に統一基準が守られている
- ② ほとんどのケースで統一基準が守られている
- ③ かなり自由度があって見た目が異なる画面も存在する
- ④ 基準はあるものの、あまり守られていない
- ⑤ その他 (具体的には以下の欄にご記入ください)

回答結果を表A. 11に示す。

表A.11 グラフィック画面設計に関する統一基準の遵守状況についての回答

	件数	%
①確実に統一基準が守られている	12	23.1
②ほとんどのケースで守られている	24	46.2
③自由度があり見た目が異なる画面も存在	7	13.5
④基準はあるが、あまり守られていない	0	0.0
⑤その他	9	17.3
	52	100.0

(設問11で⑥以外の回答をされた方のみお答えください)

設問14 統一基準が遵守されるようにするため、どのような仕組みがありますか。

(複数回答可)

- ① 統一基準の教育をしている
- ② ある部門の専任者がすべてのプラントの画面を設計製作している
- ③ 経験を積んだ人がすべてのプラントの画面をチェックしている
- ④ 画面設計のための資格認定をしている
- ⑤ スキルズインベントリー(*)を導入している
- ⑥ 同一の外注先に発注している
- ⑦ その他(具体的には以下の欄にご記入ください)

(*)技能を全てリストアップし、個人別に習得した技能が分かるように一覧表を用いて管理しながら、各人の技能レベル向上を目指す手法

回答結果を表A.12に示す。

表A.12 DCS画面設計の統一基準が遵守されるようにする仕組みについての回答

	件数	%
①統一基準の教育をしている	15	28.8
②専任者が全プラントの画面を設計製作	14	26.9
③経験を積んだ人が全画面をチェック	15	28.8
④画面設計のための資格認定を実施	6	11.5
⑤スキルズインベントリを導入	1	1.9
⑥同一の外注先に発注	9	17.3
⑦その他	9	17.3

(%は、設問13の回答数52件に対する比率)

設問15 DCSグラフィック画面での使用色についての考え方をおたずねします。

(複数回答可)

- ① 各描画要素で使って良い色がそれぞれ決められている
- ② 色が決められた描画要素以外では、どんな色も自由に使ってよい
- ③ 色が決められた描画要素以外でも、使ってよい色は決められている
- ④ その他 (具体的には以下の欄にご記入ください)

回答結果を表A.13に示す。

表A.13 グラフィック画面での使用色の考え方についての回答

	件数	%
①描画要素で使って良い色が決められている	32	56.1
②色が決められた描画要素以外自由に使用可	23	40.4
③決められた要素以外でも、使用色は制限	4	7.0
④その他	5	10.5

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 16 DCSグラフィック画面では赤色についてどのような使い方をしていますか。

(複数回答可)

- ① アラーム発報状態を示す
- ② ポンプやモーターの運転中（稼動中）を示す
- ③ ポンプやモーターの停止中を示す
- ④ ポンプやモーターの異常状態（アンサバック異常など）を示す
- ⑤ バーナーの炎の色などにも使っている
- ⑥ 目立たせたい文字列などの部分に使う
- ⑦ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 14に示す。

表A.14 グラフィック画面での赤色の使い方についての回答

	件数	%
①アラーム発報状態を示す	54	94.7
②ポンプやモーターの運転中（稼動中）	17	29.8
③ポンプやモーターの停止中	21	36.8
④ポンプやモーターの異常状態	24	42.1
⑤バーナーの炎の色などにも使う	22	38.6
⑥目立たせたい文字列などの部分に使用	12	21.1
⑦その他	10	17.5

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 17 ブリンキング（点滅）はどのような使い方をしていますか。（複数回答可）

- ① ポンプやRV（遠隔弁）などがアラーム発報状態であることを示す
- ② CV（調節弁）に対応する調節計がアラーム発報状態であることを示す
- ③ 数値表示を点滅させ、計器がアラーム発報状態であることを示す
- ④ アラーム状態であることを示す文字（テキスト）を点滅させる
- ⑤ 注意書きなどを点滅させる（常時点滅）
- ⑥ シーケンスのステップが進行中であることをステップ名の点滅で示す
- ⑦ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A.15に示す。

表A.15 グラフィック画面でのブリンキングの使い方についての回答

	件数	%
①ポンプやRVなどがアラーム発報状態	29	50.9
②CVに対応する調節計がアラーム発報状態	19	33.3
③数値を点滅させ、計器がアラーム発報状態	32	52.6
④アラーム状態を示すテキストを点滅	20	35.1
⑤注意書きなどを常時点滅させる	8	14.0
⑥シーケンスのステップが進行中	15	26.3
⑦その他	12	21.1

（%は、回答総数57件に対する比率）

設問 18 グラフィック画面の密度(*)について、どのような考え方をしていますか。

- ① オペレータの意見を聞きながら、適切な密度にしている
- ② オペレータの希望で密度の高い画面を作成している
- ③ 画面設計者の考え方しだいで、他より密度の高い画面も存在している
- ④ 画面密度についてのガイドラインを設けており、それに従っている
(ガイドラインの内容について、開示できる範囲でお答えください)
- ⑤ その他(具体的には以下の欄にご記入ください)

(*)画面の密度とは、画面内の描画要素などの混み具合を意味します。

回答結果を表A.16に示す。

表A.16 グラフィック画面の密度についての考え方についての回答

	件数	%
①オペレータの意見で適切な密度にする	17	29.8
②オペレータ希望で密度の高い画面を作成	4	7.0
③設計者しだいで密度の高い画面も存在	29	50.9
④画面密度についてのガイドラインを設定	4	7.0
⑤その他	8	14.0

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 19 グラフィック画面の描画内容のオーバーラップ状況についてご回答ください。(複数回答可)

- ① それぞれのグラフィック画面に描く内容を事前に決めてから作成するため、内容が重複した画面は存在しない
- ② 複数のメンバーで比較的自由にグラフィック画面を作成しているため、一部には内容が相当重複した画面も存在する
- ③ 特定の個人しか使用しない画面も存在し、内容が重複した画面が多数ある
- ④ プロセスフローを複数ページに分割して描画していく際に、ページの境界部分については内容を重複させている
- ⑤ 原則として、グラフィック画面の描画範囲の重複は無いが、操作性を重視し、一部には意図的に内容を重複させて描いている場合がある

回答結果を表A.17に示す。

表A.17 描画内容のオーバーラップについての考え方についての回答

	件数	%
①描く内容を事前決定し重複した画面はない	13	22.8
②相当重複した画面が存在	3	5.3
③個人使用の画面も存在し、重複画面が多数	2	3.5
④ページの境界部分は内容を重複させる	30	52.6
⑤原則重複無し。一部は意図的に重複	41	71.9

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 20 DCSグラフィック画面の描画対象の重複度合いについてお答えください

- ① プラントの一部が重複して描かれている画面が多数存在する。
- ② プラントの同じ部分が複数のグラフィック画面に重複していることがある
- ③ 工程の境界にあたる部分などは意図的に複数のグラフィック画面に重複して描くようにしている
- ④ 一部、詳細画面とで重複がある以外は、基本的にプラントの同じ部分は複数のグラフィック画面に重複していない
- ⑤ プラントの同じ部分は複数のグラフィック画面に重複していない
- ⑥ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A. 18に示す。

表A.18 グラフィック画面の描画対象の重複度合いについての回答

	件数	%
①一部が重複する画面が多数存在	1	1.8
②同じ部分が複数の画面に重複している	13	22.8
③工程の境界部分は意図的に複数画面に重複	27	47.4
④一部が詳細画面と重複。基本的に重複なし	18	31.6
⑤複数の画面への重複なし	4	7.0
⑥その他	3	5.3

（%は、回答総数57件に対する比率）

第4部：DCSグラフィック画面の描き方についての具体的なルールに関する設問

設問21 画面の背景色はどのように設定されていますか

背景色は、黒が91%と大多数、グレーが5%、残りは無回答であった。

設問22 DCSグラフィック画面のレイアウトについてお答えください。(複数選択可)

- ① フローは原則として左から右、上から下に描いている
- ② 画面の中の空いている部分を活用するため、流れの方向は様々である
- ③ 静止機器を描く位置は、機器の高さ関係をできるだけ反映している
- ④ 配置については実際の機器のレイアウトにできるだけ従うようにしている
- ⑤ その他、画面レイアウトに関する工夫などがあれば以下にご説明ください。

回答結果を表A.19に示す。

表A.19 グラフィック画面のレイアウトについての回答

	件数	%
①原則として左から右、上から下に描く	43	75.4
②画面の空き活用のため、流れ方向は様々	12	21.1
③静止機器の高さ関係をできるだけ反映	21	36.8
④実際の機器のレイアウトにできるだけ従う	30	52.6
⑤その他、画面レイアウトに関する工夫	5	8.8

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 2 3 DCSグラフィック画面での静止機器（タンクや蒸留塔など）はどのように描いていますか。（複数選択可）

- ① 統一基準で決められた色で描くようになっている
- ② 統一基準で決められた形状で描くようになっている
- ③ 色も形状も自由である
- ④ グラデーション(*)を使って立体的に表現している

(*)グラデーションとは右の例のように濃淡を設けて塔槽類を立体的に見せる描き方



回答結果を表A. 20に示す。

表A.20 静止機器の描き方についての回答

	件数	%
①統一基準で決められた色で描く	33	57.9
②統一基準で決められた形状で描く	22	38.6
③色も形状も自由である	19	33.3
④グラデーションを使って立体的に表現	13	22.8

(%は、回答総数57件に対する比率)

(設問 2 3 で①の回答をされた方のみお答えください)

設問 2 4 DCSグラフィック画面での静止機器（タンクや蒸留塔など）はどんな色で描くルールにしていますか。その他に静止機器の色に関するルールがあれば、以下にご説明ください。

回答結果は表3. 6に示した。

設問 2 5 ポンプやブローアなどの回転機器の描き方についてお答えください。

(複数回答可)

- ① 運転中（稼動中）と停止中とで色が変わる
 - ② アンサバック異常(*)のときに色が変わる
 - ③ サーマルなどでトリップしたときに色が変わる
 - ④ AUTかMANかで表示が変わる
 - ⑤ コントロールセンター（配電盤）の電源断状態で表示が変わる
 - ⑥ DCSから起動停止いずれの操作もできる⑦ DCSから停止はできるが起動操作は機側（現場）でしかできない
 - ⑦ 起動と停止は現場操作としており、DCSでは状態表示だけとしている
 - ⑧ 重要な回転機器はDCSから誤って停止させないように、対策を取っている
- (*)アンサバック異常とは、起動させようとして起動しない、停止させようとして停止しない、停止させていないのに停止した、の状態を意味します。

回答結果を表A.21に示す。

表A.21 回転機器の描き方についての回答

	件数	%
①運転中と停止中とで色が変わる	55	96.5
②アンサバック異常のとき色が変わる	31	54.4
③トリップしたときに色が変わる	32	56.1
④AUT か MAN かで表示が変わる	14	24.6
⑤電源断状態で表示が変わる	7	12.3
⑥DCSから起動停止いずれも操作可能	43	75.4
⑦DCSから停止はできるが起動は現場	7	12.3
⑧起動停止は現場操作、DCSでは表示のみ	16	28.1
⑨重要回転機器は誤って停止させぬよう対策	15	26.3

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 2 6 ポンプやブローアなどの回転機器の表示色についてお答えください。
 (a) 運転中の色 (b) 停止中の色 (c) アンサ異常時の色
 その他の色変わり事例などがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A. 22、表A. 23に示す。

色の組合せでの整理結果は表3. 1を参照のこと。

表A.22 回転機器の表示色についての回答

(件数)

	赤	マゼンタ	緑	SG	シアン	白	その他の色 (各 1 件)
運転中	15	3	24	2	4	1	黄緑、黄、紫
停止中	18	2	17	1	2	9	青、ディープスカイブルー、黒、オレンジ

(SG = スプリンググリーン = 明るい緑)

表A.23 回転機器のアンサ異常時の変化色についての回答

(件数)

	赤	黄	白	マゼンタ	フリック(*)
アンサ異常	21	8	24	1	8

(*) 色変化はなしで起動中の色にフリックが付加される。

設問 27 流体のラインの描き方についてお答えください。（複数回答可）

- ① プロセス流体のライン色は、流体の種類によらず統一した色にしている
- ② プロセス流体のライン色は、流体の種類によって色を決めている
- ③ プロセス流体のライン色は、描く人の判断で決めることができる
- ④ 用役のラインの色は、用役の種類ごとに統一している
- ⑤ 用役のラインの色は、描く人の判断で決めることができる
- ⑥ ラインは流れているときと流れていないときとで色変わりをさせている
- ⑦ ラインは流れているときと流れていないときとで色変わりをさせていない
- ⑧ ラインの太さは、すべての流体で1種類に統一している
- ⑨ ラインの太さは、ラインが主要なものである否かによって変えている
- ⑩ ラインの太さは、描く人の判断で自由に設定している
- ⑪ その他にラインの描き方に関するルールがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A. 24に示す。

表A.24 流体のラインの描き方についての回答

	件数	%
①プロセス流体のライン色は流体によらず統一色	29	50.9
②プロセス流体のライン色は流体によって決める	25	43.9
③プロセス流体のライン色は描く人の判断で決める	4	7.0
④用役のライン色は用役の種類ごとに統一	26	45.6
⑤用役のライン色は描く人の判断で決める	5	8.8
⑥ラインは流れの有無で色変わりをさせている	16	28.1
⑦ラインは流れの有無で色変わりをさせない	29	50.9
⑧ラインの太さは1種類に統一	23	40.4
⑨ラインの太さは主要なラインかで変える	25	43.9
⑩ラインの太さは描く人の判断で自由	8	14.0
⑪その他にラインの描き方に関するルール	2	3.5

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問28 流体のラインの表示色についてお答えください。

流体種別	流れありの色	流れなしの色
プロセス流体		
蒸気(スチーム)		
冷却水		
窒素ガス(用役)		

その他の用役の種類などによってラインの色が固有に決められていれば、以下にルールをご説明ください。

回答結果を表A.25、表A.26に示す。

表A.25 流れがあるときのラインの色についての回答

(件数)

	緑	赤	ピンク	マゼンタ	シアン	青	白	SB	黄	グレー	オレンジ
プロセス流体	16	3	0	1	9	0	6	1	2	3	1
蒸気(スチーム)	11	11	3	2	7	0	8	0	1	3	2
冷却水	9	1	1	0	15	13	4	3	0	3	0
窒素ガス	12	1	2	2	5	1	8	0	8	5	3
全て共通	8	1	0	0	3	0	4	0	0	3	0

(SB=スチール=目立ちにくい暗い青)

表A.26 流れがないことを示すラインの色についての回答

(件数)

	グレー	赤	白	SB	シアン	緑	青	オレンジ
プロセス流体	4	4	3	2	1	1	1	1
蒸気(スチーム)	4	2	3	2	1	0	0	0
冷却水	4	1	3	2	1	0	0	0
窒素ガス	3	1	3	2	1	0	0	0

(SB=スチール=目立ちにくい暗い青)

設問 29 CV（調節弁）の描き方についてお答えください。（複数回答可）

- ① 開いている状態と全閉状態とで色変わりをさせている
- ② 開閉状態で色変わりはさせていない
- ③ すべてのCVは、開いているとき、ラインと同じ色にしている
- ④ プロセス流体のCVは、開いているとき、ラインと同じ色にしている
- ⑤ プロセス流体のCVは、流体の種類によらず統一した色にしている
- ⑥ プロセス流体のCVは、流体の種類によって色を変えている
- ⑦ 用役のCVはプロセス流体のCVとは異なる色にしている
- ⑧ 用役のCVは用役の種類によって色を変えている
- ⑨ 調節計のステータス（AUT, MANなど）が分かるよう、CVの近くに何らかの表記をしている

回答結果を表A. 27に示す。

表A.27 流体のラインの描き方についての回答

	件数	%
①開と全閉とで色変わりをさせている	40	70.2
②開閉状態で色変わりはさせていない	17	29.8
③CVは、開のとき、ラインと同色	9	15.8
④プロセス流体のCVは、開のときラインと同色	12	21.1
⑤プロセス流体のCVは、流体によらず統一色	39	68.4
⑥プロセス流体のCVは、流体の種類により色を変える	3	5.3
⑦用役のCVはプロセス流体のCVとは異なる色	6	10.5
⑧用役のCVは用役の種類によって色が異なる	5	8.8
⑨CV近くに調節計のAUT, MANを示す表記あり	39	68.4

（%は、回答総数57件に対する比率）

設問30 CV（調節弁）の表示色についてお答えください。

流体種別	開のときの色	全閉時の色
プロセス流体		
蒸気(スチーム)		
冷却水		
窒素ガス(用役)		

その他にCVの描き方に関するルールがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A.28、表A.29に示す。

表A.28 CV（調節弁）が開のときの色についての回答

(件数)

	緑	赤	シアン	白	グレー	ピンク	マゼンタ	SG	黄
プロセス流体	23	11	4	3	3	0	1	2	0
蒸気(スチーム)	19	11	4	3	3	2	2	1	0
冷却水	19	10	7	3	3	1	1	1	0
窒素ガス	20	10	3	3	3	2	1	1	2
全て共通	19	10	3	3	3	0	1	1	0

(SG=スプリンググリーン=明るい緑)

表A.29 CV（調節弁）が全閉のときの色

(件数)

	緑	赤	シアン	白	グレー	マゼンタ	SG	オレンジ
プロセス流体	9	14	2	3	3	1	1	1
蒸気(スチーム)	9	11	2	3	3	1	1	1
冷却水	9	11	2	3	3	1	1	1
窒素ガス	9	11	2	3	2	1	1	1
全て共通	9	11	2	3	2	1	1	1

(SG=スプリンググリーン=明るい緑)

設問 3 1 遠隔弁（RV）の描き方についてお答えください。（複数回答可）

- ① 開いている状態と閉じている状態とで色変わりをさせている
- ② 開閉状態で色変わりはさせていない
- ③ すべての遠隔弁は、ラインと同じ色にしている
- ④ プロセス流体の遠隔弁は、開いているとき、ラインと同じ色にしている
- ⑤ プロセス流体の遠隔弁は、流体の種類によらず統一した色にしている
- ⑥ プロセス流体の遠隔弁は、流体の種類によって色を変えている
- ⑦ 用役の遠隔弁はプロセス流体の遠隔弁とは異なる色にしている。
- ⑧ 用役の遠隔弁は用役の種類によって色を変えている
- ⑨ 遠隔弁はその目的によって色や形を変えている

回答結果を表A.30に示す。

表A.30 遠隔弁（RV）の描き方についての回答

	件数	%
①RV は開閉状態で色変わりをさせている	49	86.0
②RV は開閉状態で色変わりはさせていない	7	12.3
③すべての RV は、ラインと同じ色	11	19.3
④プロセス流体の RV は開のとき、ラインと同じ色	19	33.3
⑤プロセス流体の RV は流体によらず統一色	31	54.4
⑥プロセス流体の RV は流体によって色を変える	4	7.0
⑦用役の RV はプロセス流体の RV と異なる色	6	10.5
⑧用役の RV は用役の種類によって色が異なる	4	7.0
⑨RV は目的によって色や形を変えている	8	14.0

（%は、回答総数 57 件に対する比率）

設問32 遠隔弁（RV）の表示色についてお答えください。

流体種別	開のときの色	閉のときの色
プロセス流体		
蒸気（スチーム）		
冷却水		
窒素ガス（用役）		

その他に遠隔弁の描き方に関するルールがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A.31、表A.32に示す。

表A.31 遠隔弁（RV）が開のときの色についての回答

（件数）

	緑	赤	シアン	白	グレー	ピンク	マゼンタ	SG	黄
プロセス流体	23	11	4	1	0	0	2	2	2
蒸気（スチーム）	18	14	3	1	0	2	2	1	1
冷却水	18	12	7	1	0	1	1	1	1
窒素ガス	19	12	3	1	0	2	1	1	4
全て共通	16	10	3	1	0	0	1	1	1

（SG=スプリンググリーン=明るい緑）

表A.32 遠隔弁（RV）が閉のときの色

（件数）

	緑	赤	シアン	青	DB	白	グレー	マゼンタ	SG	黒	オレンジ
プロセス流体	14	14	3	1	1	8	3	1	1	1	2
蒸気（スチーム）	14	11	3	2	1	8	3	1	1	1	2
冷却水	14	11	3	2	1	8	3	1	1	1	2
窒素ガス	14	11	3	2	1	8	2	1	1	1	2
全て共通	14	11	3	1	1	8	2	1	1	1	2

（SG=スプリンググリーン=明るい緑）

設問 3 3 グラフィック画面内の数値表示についてお答えください。（複数回答可）

- ① グラフィック画面に記載されたすべての計器についての数値情報を表示させている
- ② グラフィック画面に記載されたすべての計器のうち、必要なものだけについて数値情報を表示させている
- ③ 数値情報表示は現在値（PV値）だけで、設定値（SV値, SP値）や操作出力値（MV値, OP値）は表示させないようにしている
- ④ 数値情報表示は現在値（PV値）だけでなく、設定値（SV値、SP値）や操作出力値（MV値, OP値）も必要に応じて表示させるようにしている
- ⑤ 数値表示の近くにタグ名も表記している
- ⑥ 現在値（PV値）のあとには工業単位を記載している
- ⑦ 数値表示の近くに計器のステータス（AUT, MAN）も表示している
- ⑧ 数値表示に用いる色は決められている
- ⑨ 重要な数値は他の数値より大きく表示している
- ⑩ 数値表示の表示色はアラームが発報しても変化しない
- ⑪ 数値表示の表示色はアラーム発報時に変化するが点滅はしない
- ⑫ 数値表示の表示色はアラーム発報時に変化するが点滅するようにしている
- ⑬ どの部位の値かを示すため、計測点の位置をグラフィック画面に示している
- ⑭ 計測点と数値表示との距離をできるだけ近づけるようにしている
- ⑮ 数値表示は他の数値表示と上下や左右に並ぶように表示位置を決めている
その他に数値表示の方法に関するルールがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A. 33に示す。

表A.33 数値表示の描き方についての回答

	件数	%
①画面内の全計器についての数値情報を表示	29	50.9
②画面内の必要な計器だけに数値情報を表示	29	50.9
③PV 値だけ表示し、SV 値、MV 値は表示させない	10	17.5
④SV 値、MV 値も必要に応じて表示させる	44	77.2
⑤数値表示の近くにタグ名も表記している	36	63.2
⑥PV 値のあとには工業単位を記載している	53	93.0
⑦数値表示の近くに AUT、MAN も表示している	31	54.4
⑧数値表示に用いる色は決められている	49	86.0
⑨重要な数値は他の数値より大きく表示	8	14.0
⑩数値の表示色はアラーム発報で変化しない	5	8.8
⑪数値の表示色はアラーム発報時に変化、点滅なし	14	24.6
⑫数値の表示色はアラーム発報時に変化し点滅	32	56.1
⑬計測点の位置を画面に示している	37	64.9
⑭計測点と数値表示はできるだけ近づける	44	77.2
⑮数値表示は他と上下や左右に並ばせる	12	21.1

(%は、回答総数57件に対する比率)

数値表示に関するその他の工夫としては、「数値とタグ名とを左揃えにしている」、「小数点以下の桁数の決め方をルール化」、「空きスペースに入るようフォントサイズを調整」、「キャリブレーション中はシアンにしている」などの回答があった。

設問 3 4 画面の展開（呼出し）方法に関して、お答えください。（複数回答可）

- ① 新たな画面を呼び出すときは、操作卓のキーボードを操作することから開始するようになっている
- ② 操作卓のキーボードはほとんど使わずにタッチやマウス操作だけで画面の呼出しができる設計にしている
- ③ 操作卓のキーボードに主要な画面を割り付け、その他の画面は、タッチやクリックで呼び出しできるようにしている
- ④ 画面のページ番号や画面ファイル名をオペレータが記憶していて、それを入力して画面を呼び出すことがある
- ⑤ グラフィック画面に表示されている範囲の前後の部分への移動はキーボードの前後ページへの移動キーを使用している
- ⑥ グラフィック画面に表示されている範囲の前後の部分への移動は画面の下部にあるソフトキーを定義して利用している
- ⑦ 別のページにつながっているラインの先端部分をタッチまたはクリックすることで、ラインの接続先の画面へと展開できるようにしている。
- ⑧ その他、画面展開に関する工夫などがあれば以下にご説明ください。

回答結果を表A. 34に示す。

表A.34 画面の呼出し方法についての回答

	件数	%
①新たな画面は操作卓のキーボードで開始	23	40.4
②タッチやマウス操作だけで画面呼出しする設計	28	49.1
③キーボードに主要画面を割付け、他はマウスで呼出し	47	82.5
④ページや画面ファイル名をオペレータが記憶し入力	16	28.1
⑤表示部分の前後へは前後ページキーを使用	17	29.8
⑥表示部分の前後へは前後ソフトキーを使用	27	47.4
⑦別ページにつながるラインの先端をクリック	26	45.6
⑧その他、画面展開に関する工夫	8	14.0

（%は、回答総数57件に対する比率）

「⑧その他の画面展開に関する工夫」として挙げられたのは、「プロセスごとや用途ご

とにメニューを用意」、「ソフトキーの左半分は関連するコントロールグループ画面へ、右半分はトレンド画面を割付けている」、「工程全体のブロックフロー画面から各工程の画面に展開できるようにしている」、「画面表示履歴の戻しと送りを全ての画面の定位置に描いている」、「インデクス画面を設けそこから全ての画面に展開できるようにしている」などであった。

設問 3 5 DCSでのアラームの表現方法に関して、お答えください。（複数回答可）

- ① アラームが発生した計器に対応する部分（ポンプやCVなど）の表示色を変化させてアラームが発生していることを分かるようにしている
- ② アラームが発生した計器に対応する部分（ポンプやCVなど）の表示色を変化させると同時にブリンクさせている
- ③ アラームが発生した計器に対応する数値表示の表示色を変化させている
- ④ アラームが発生した計器に対応する数値表示の表示色を変化させると同時にブリンクさせている
- ⑤ プラントのどの部分にアラームが発生しているかを把握できる工夫をしている
- ⑥ アラームでの表示色の変化は計器やアラームの重要度に応じて色を変えている
- ⑦ アラームの音色を計器やアラームの重要度に応じて変化させている
- ⑧ その他、アラームの表現方法に関する工夫などがあれば以下にご説明ください

回答結果を表A. 35に示す。

表A.35 DCSでのアラームの表現方法についての回答

	件数	%
①アラーム発生ポンプ, CV等の表示色を変化	36	63.2
②アラーム発生ポンプ, CV等の表示色を変化+ブリンク	26	45.6
③アラーム発生計器の数値表示の表示色を変化	42	73.7
④アラーム発生計器の数値表示の表示色を変化+ブリンク	30	52.6
⑤プラントのどこにアラーム発生したかを把握可能	20	35.1
⑥アラームの表示色の変化は重要度で色が異なる	10	17.5
⑦アラームの音色を重要度に応じて変化	39	68.4
⑧その他、アラームの表現方法に関する工夫	9	15.8

(%は、回答総数57件に対する比率)

「⑧その他のアラームの表現に関する工夫」としては、「アラーム監視一括画面を作成して、全系列のフローの中で、どこでアラームが発生しているか分かるようにしている」、「予備機があるポンプは2台共停止でアラームを出すようにしている」、「アラームサマリ画面でアラームが発生した計器をクリックして当該計器を表示できるようにしている」、「プラントごとにアラームの音色を変えている」、「アナランシエータと通常計器のアラームとで音色を分けている」などであった。

設問36 DCS外部のオペレータインタフェースについて、お答えください。

(複数回答可)

- ① DCSのアラームと同等の内容の一部を外部パネルにも警報窓として設置している
- ② 外部警報窓が点灯すれば、DCSとは別にアラーム音が鳴る
- ③ DCS外部で鳴らず警報の音は重要度によって複数の音色がある
- ④ 外部警報の一部は自動音声ガイドが聞こえる仕組みにしている
- ⑤ その他、DCS外部のオペレータインタフェースがあれば以下にご説明ください

回答結果を表A.36に示す。

表A.36 DCS外部のオペレータインタフェースの利用状況についての回答

	件数	%
①DCSアラームと同等を外部に警報窓で設置	36	63.2
②外部警報窓が点灯すればDCSと別の音が鳴る	34	59.6
③DCS外部の警報音は重要度で音色が異なる	15	26.3
④外部警報の一部は自動音声ガイド	8	14.0
⑤その他、DCS外部のインタフェース	11	19.3

「⑤その他のDCS外部のインタフェース」として回答があったものは、「重要計器は外部に専用コンソールを設置」、「外部警報は、最小限の装置緊急停止用アラームとしている」、「外部警報はDCS電源断、冷凍機等の重要機器の重故障警報のみとしている」、「最重要アラームのみ数点を外部に出している」、「重要アラーム関連画面を自動的に大型スクリーンに表示する仕組みを構築」であった。

設問37 DCSのアラーム忘れ防止について、お答えください。（複数回答可）

- ① アラーム忘れ防止のため、外部警報窓を利用している
- ② アラーム忘れ防止のため、確認目的の専用の画面を作成している
- ③ アラーム忘れ防止のため、再発報する仕組みを構築している
- ④ アラーム忘れ防止のため、アラームサマリーを常に表示している
- ⑤ アラーム忘れ防止のため、画面の周囲などにメモを貼り付けている
- ⑥ その他、アラームの忘れ防止に関する工夫などがあれば以下にご説明ください

回答結果を表A.37に示す。

表A.37 DCSのアラーム忘れ防止対策の状況についての回答

	件数	%
①外部警報窓を利用	12	21.1
②確認目的の専用の画面を作成	12	21.1
③再発報する仕組みを構築	19	33.3
④アラームサマリーを常に表示	16	28.1
⑤画面の周囲などにメモを貼り付け	9	15.8
⑥その他、アラームの忘れ防止に関する工夫	16	28.1

「⑥その他のアラーム忘れ防止の工夫」としては、「外部に複数色のパトライトを設置している」、「アラームサマリーを引き継ぎ時に使用する」、「非定常作業ではアラーム監視役を置く」、「ハンチングする計器についてはタイマー設定時間以上に異常が継続した時のみ警報するようにシーケンス化している」、「定期的に全タグのアラーム状態をチェックしている」などが挙げられた。

第5部：DCSグラフィック画面のチェック方法や精度に関する設問

設問38 DCSグラフィック画面のチェック方法についてお答えください。

(複数回答可)

- ① 作成や修正したグラフィック画面は、DCSのテスト環境（開発環境）で必ず該当箇所すべての動作チェックをしている
- ② 作成や修正したグラフィック画面は、DCSのテスト環境（開発環境）で動作チェックをしているが、すべてのケースのチェックは実施していない
- ③ 作成者とチェック者を分けたり、複数回の確認を実施するなど、ミスをなくすようにしている
- ④ DCS開発環境でシーケンスを稼働させての画面の変化も併せてチェックするようにしている
- ⑤ ESDやインターロックの作動テストに合わせて、必要な画面のチェックを実施している
- ⑥ 画面の定義情報をコンピュータ上での付き合わせてチェックしている
- ⑦ 外注先に作成させた画面は、試運転時に外注先が立会ってチェックや修正対応を実施できるようにしている
- ⑧ 画面開発者が試運転に立会って、作成や修正した画面の動作確認を実施するようにしている
- ⑨ その他に、画面のチェックに関して実施していることがあれば、以下にご説明ください。

回答結果を表A.38に示す。

表A.38 グラフィック画面のチェック方法についての回答

	件数	%
①DCS のテスト環境ですべての動作チェック	42	73.7
②DCS のテスト環境である程度動作チェック	10	17.5
③作成者とチェック者を分離、複数回確認	16	28.1
④開発環境でシーケンスを動かして画面もチェック	38	66.7
⑤ESD 等の作動テストに合わせ画面もチェック	34	59.6
⑥画面情報をコンピュータ上で付き合わせてチェック	13	22.8
⑦試運転時に外注先が立会いチェックや修正	30	52.6
⑧画面開発者が試運転に立会い動作確認実施	36	63.2
⑨その他に、画面チェックに関する実施内容	5	8.8

(%は、回答総数57件に対する比率)

「⑨その他の画面チェックに関する実施内容」として挙げられたものは、「規模の大きい修正は開発環境で確認するが、細かな修正は実機にて確認するだけとしている」、「変更の規模が大きいときは外注先で立会いテストを実施する」、「シーケンスのデバッグは複数人で実施している」、「定修での修正はスタート前に全てチェック、運転中の修正は日程を調整して運転員立会いで確認している」などであった。

設問39 プラントの定期修理明けなどで、DCSグラフィック画面の追加変更があった場合に、画面の作成や修正のミスがどの程度の頻度で発生しますか。

- ① 誤りの発生はまず無い
- ② 1～2箇所程度は誤りが発見されることがある
- ③ 数箇所程度、誤りが発見されることがある
- ④ それ以上頻繁に誤りが発見される
- ⑤ 元々精度は十分ではなく、日常的に画面の修正必要箇所が見つかる

回答結果を表A.39に示す。

表A.39 グラフィック画面の修正ミス発生の頻度についての回答

	件数	%
①誤りの発生はまず無い	17	31.5
②1～2箇所程度は誤りが発見される	30	55.6
③数箇所程度、誤りが発見される	7	13.0
④それ以上頻繁に誤りが発見される	0	0.0
⑤精度は不十分、日常的に要修正箇所がある	0	0.0
	54	100.0

設問40 運転が始まってから、DCS画面の不具合が発見された場合の処置についてお答えください。

- ① ルールで運転中は修正できないので、次の定期修理まで周知のうえ放置する
- ② 開発環境で修正してテストしたファイルを運転中に本番環境にロードする
- ③ 製造側などの許可を得た上で、本番環境で運転中に直接修正する
- ④ 特に許可は必要なく、自由に本番環境で運転中に直接修正している
- ⑤ その他（具体的には以下の欄にご記入ください）

回答結果を表A.40に示す。

表A.40 運転開始後に発見されたDCS画面不具合の処置方法についての回答

	件数	%
①運転中は修正しないルール、次の定修まで放置	3	5
②開発環境で修正&テスト、運転中に本番へロード	15	25.0
③製造の許可で本番環境にて運転中に直接修正	27	45.0
④本番環境で運転中に直接修正、許可不要	10	16.7
⑤その他	5	8.3

(%は、回答総数57件に対する比率)

設問 4 1 DCS画面設計やその統一基準に関してご意見などがございましたら以下の欄に記述をお願いします。

以下に、主な意見を分類して記載する。

【グラフィック画面表示に関して】

- ・ オペレータが運転し易い画面を第一に考えて作成しているので、分かりやすく長時間見ても疲れないうようにシンプルにしている。
- ・ グラフィックでは多くの色が使用可能であるが、本当に重要なポイントを浮き立たせるため、可能な限り少ない色使いが望ましいと思います。
- ・ グラフィックでは多くの色が使用可能ですが、通常時の色と異常時の色の変化に重要度を置くべきと考える。
- ・ 数値表示している部分にタッチターゲットを作成して計器を呼び出せるようにしているが、ぱっと見ただけでは、タッチターゲットが作成されているか分からないのでどこにタッチターゲットが作成されているか分かる工夫が出来ればよかった
- ・ 画面設計の目的は、誤操作や勘違いをなくすことである。画面設計によって防止できる誤操作もあると考えており、そのためオペレータの意見も取り入れながら様々な工夫を行っている。

【画面修正に関する管理について】

- ・ グラフィックは現場のオペレータの意見を素早く、正確に反映するために、工務計測担当者が作成するよりも、生産現場のスタッフがキーマンとなり作成した方がいいと思います。
- ・ 画面の作成や修正に関しては、自由度が大きくても（容易に作成&修正可能）チェック機能が十分に働くように管理していれば問題ないかと思います。何故ならあまり厳しくしてしまえば、例えば修正箇所が見つかっても修正するにあたってエネルギーを使うし、本来の業務はプラントのオペレーションであるため、業務の合間をぬっての修正作業は時間的な制約が関係してくるからです。そうなるとう修正しないままグラフィックは使用され、返って誤操作の要因になる可能性があるかと思います。

【画面設計統一基準のありかたに関して】

- ・ 人間はミスを犯す動物であるとの言葉通りヒューマンファクターとして捉えた上で画面を設計する必要があるかと思います。その観点で言えば、一番効果的な方法としては、色による識別が重要だと考えられます。
- ・ シンプルで要点が分かりやすいものが早期異常の発見に結び付く部分は共通してあると思います。
- ・ 使いやすさはユーザーのニーズマッチが必要ですが、それが行き過ぎてもリスクに対する管理が甘くなる可能性があるのも特にリスクに対する統一基準は必要なのではと思います。
- ・ アラームマネジメントの講座を受講し、現状の DCS 設計仕様に多くの不具合があると感じた。今後 DCS 更新があるので、ヒューマンファクターを考慮した設計基準を作成したい。
- ・ 統一基準はあるものの基準で規定していない事項についてはプラントで個性が出てしまう。現時点ではそれほど問題ではないが、将来計器室統合などの際に細かい事項についても統一が必須になってくる。
- ・ 統一基準は必要だか、少しは作成者の要望を加えられるようにして頂きたい。グラフィック作成時、文字が書き込めないようなケースがあり、そのために大幅なグラフィック変更が発生するのは非常にマンパワーが掛かる。ガチガチにルールを決めるのではなく、ルールの範囲で改造が出来る仕組みにして頂きたい。
- ・ 現状としては、統一基準が無い中で製造課内の人員が自職場のプラントの DCS 画面設計をするのに、先に出来上がっている他部門の DCS 画面を参考に製作している。設計段階で決め事(ローカル基準)は作っているが製作者のセンスに任せているのが実情である。統一基準を作るには、各プラントの実情も踏まえて検討する必要があるし、DCS のメーカーが会社または工場全体で同じとは限らないので時間と労力を要すると思う。
- ・ DCS メーカー独自の機能を有効利用し開発期間の短縮を図っている。メーカー間の画面統一により有効な機能が無くなるようなら、統一よりも機能保全を優先したい。
- ・ 近年の GUI の高機能化により GUI 提供メーカーはより機能を中心としたアピールをするが、安全性などのヒューマンファクターを考慮しての「陳腐化しない」統

一基準は非常に重要と思われる。

【画面設計統一基準の導入に関して】

- ・ 社内基準を定めてそれに基づいて改訂しなさいと言われても、現在運転しているオペレータに多大な不安を与えられると思われます。ただし、一番人間にやさしい統一基準を定める事と統一基準をもとに弊課の画面もゆっくり段階的に変更する事は、やぶさかではありません。
- ・ オペレータの慣れの問題はあるが、統一基準を作った上で設備更新などの機会に画面設計を変更、統一していくのが望ましい。
- ・ ガイドライン作成以前の旧設備については、その書き方等にオペレータが慣れているので、ガイドラインが出来ても、旧設備を含めた統一は難しい。
- ・ 表示色の統一等が議論されることが度々ありますが、各部署には昔からの歴史・伝統、そして製造プロセス上の個性があり、一律に「こうだ！」と統一を押し進めるのは、本当にオペレータのためになるのかどうか、それによって変更の過渡期において思わぬヒヤリ事例が発生しないだろうかと考えさせられることもあります。統一は良いことだと思う反面、変更は新たなミスも誘発します。
- ・ 統一も大事ですが、もっと大切なことは新しいシステムや仕組みを導入する際に、しっかり吟味した上で例えばベンダーを統一して機能差を無くし、そして初期の段階で基準をある程度制定しておくことだと思います。
- ・ 作業環境を改善（目にやさしい、分かりやすいなど）するような配色があれば、ルール化して統一していくべきと思うが、統一と一言でいっても既設プラントに対しては、実際には非常に難しいと思います。新規のプラントへ適用できたらと思います。
- ・ 統一基準がDCS画面の関係者にとって意義あるものであることは間違いありません。しかし、何らかの強制力か目に見えるメリットがなければ普及させるのは困難かもしれません。普及に向けての工夫も、個々でやるのではなく143委員会などで取り組むべきだと思います。
- ・ 現状は過去の経験等より統一基準を決めている状態で、他との比較等は実施したことはありません。業界標準なるものがあれば、自プラントでの利用環境を考慮した上で、必要なものを選択・利用でき、オペレータ支援にもつながると思っています。期待しております。

付録B グラフィック画面のオペレータによる評価のための設問

グラフィック画面のオペレータによる評価を実施した際の依頼文や設問資料および回答用紙を以下に添付する。

付録B-1 グラフィック画面のオペレータによる評価の依頼状

付録B-2 グラフィック画面のオペレータによる評価調査資料

付録B-3 グラフィック画面のオペレータによる評価調査回答用紙

付録B-1 グラフィック画面のオペレータによる評価の依頼状

DCS画面設計に関する調査へのご協力をお願い

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
システム制御・管理講座 西谷紘一、馬場一嘉

平素は大変お世話になっております。

さて、当研究室では現在、研究のひとつとして、DCSのグラフィック画面についての評価および設計基準について調査・解析を実施しております。

2008年にDCSのグラフィック画面設計に関する各社の現状をアンケート調査を実施させていただきました節にはご協力をいただきまして、誠に有難うございました。その調査結果につきましては、すでにご協力を頂きました皆様にお送りしておりますが、アンケートの結果を元にして検討したDCSグラフィック画面仕様の推奨案を含めて、日本プラントヒューマンファクター学会の学会誌“ヒューマンファクターズ”や、化学工学会システム・情報・シミュレーション部会プラントオペレーション分科会の研究会にて発表をさせていただきました。

今回、このDCSグラフィック画面仕様の推奨案について、実際にプラント運転に携わっておられるオペレータの方々のご意見をお聞きしてさらに検証を進めるため、新たな調査をさせていただくことに致しました。

今回の調査の対象は、5年以上のDCS操作経験を持つオペレータまたはオペレータ経験のある方々とし、1社あたり、3名から5名の方々のご協力をお願いできればと考えております。

設問は全部で16問で、回答所要時間は30分程度と考えております。

ご協力いただけます場合は、添付のファイルをご回答者の方へ転送していただき、ご依頼をお願い致します。

回答用紙は取り纏めて以下の送付先へ郵送またはFAXにてお送りいただくか、あるいは、
スキャナで読み込んだファイルをEメール添付にて kazuyoshi-b@is.naist.jp宛てに
ご返信をお願い致します。

ご回答のご送付は3月12日（金）までをお願い致します。
回答期間が短いですが、ご協力のほどお願い致します。

ご多用とは存じますが何卒ご協力を頂けますよう、よろしくお願い申し上げます。

添付ファイル：

- ・画面比較検証_ご協力お願い.doc
- ・画面比較検証_回答要領.doc
- ・画面比較検証_設問.ppt
- ・画面比較検証_回答用紙.pdf

回答送付先：

①郵送の場合

〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 の 5
奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
西谷研究室 馬場一嘉宛

②FAX の場合

FAX: 0743-72-5369

③メール添付の場合

kazuyoshi-b@is.naist.jp

(本メールへの返信で結構です。)

以上

DCS画面仕様の比較検証

「F5」キーを押して、スライドショーを開始してください。

スライドショー(全画面表示)になったら、左下の「スタート」ボタンを押してください。

(マウスカーソルが見えないときは、「A」のキーを押すと表示されます)

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科
情報システム学専攻
システム制御・管理講座



スタート

はじめに

本ソフトは、奈良先端科学技術大学院大学での研究として、プラントの運転に日常携わっておられる皆様に、DCS画面の統一仕様案についてのご意見を伺うために作成しています。

これから、DCSグラフィック画面のサンプルを2枚ずつ比較しながら見ていただき、どちらの画面が好ましいと思われるかを、回答用紙に○印でご記入をお願いします。(正解はありません。)併せて、コメント欄にはご意見をできるだけ多くご記入ください。

普段使用されているグラフィック画面と似ているかには関係なく、画面を使って運転する立場で考えてみて、見やすい、見たい情報を見つけやすいなど、素直な感覚で判断してお答えください。

なお、大学での研究と業界標準仕様の検討が目的ですので、頂いたご意見が直接すぐに皆様のDCS画面仕様に反映されるわけではありません。

次へ 読み終わったら、「次へ」のボタンを押してください。

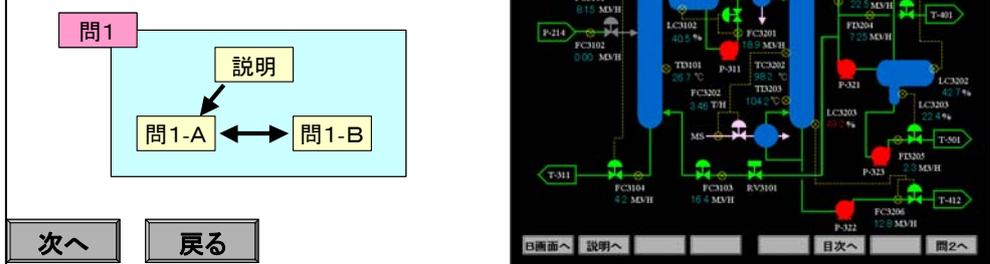
画面の解説(1)

【構成】

各設問は、設問の説明の画面と、2枚のグラフィック画面(AとB)とから構成されます。

【タイトル】

各グラフィック画面には、左上に画面のタイトルがあります。タイトルは、「問1-A」「問1-B」のように、設問の番号と、選択肢を表す「A」「B」の文字で構成されています。

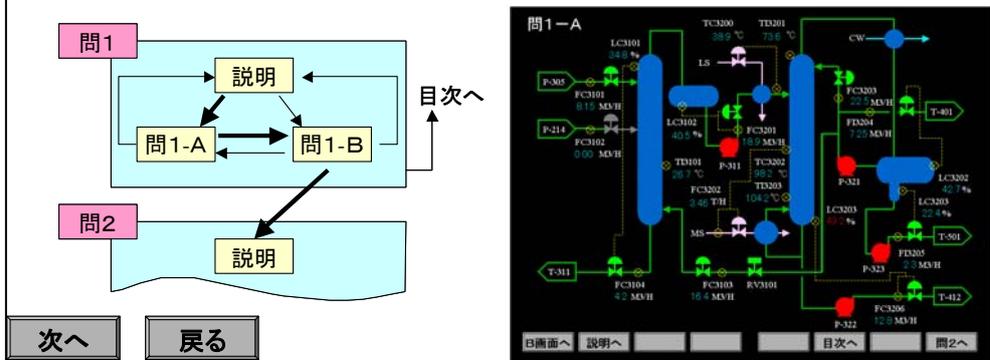


画面の解説(2)

【ソフトキー】

各グラフィック画面には下部に8個のソフトキー(ボタン)が描かれています。ソフトキーをマウスでクリックすると、それぞれのソフトキーに描かれた画面へと飛ぶことができます。

ソフトキー以外の部分をクリックした場合は、左下に図の太い矢印のように画面が切り替わります。



それでは、開始します

所定の回答用紙をご準備ください。

設問は全部で16問あります。

初めて回答を開始する方は、「問1へ」のボタンを押してください。

回答作業を途中で中断していて再開する場合は、下の「目次へ」のボタンを押して、目次のページで続きの設問を選んで表示させ、再開してください。

マウスカーソルが見えなくなったときは、「A」のキーを押すと表示されます。

問1へ

目次へ

戻る

問1 ポンプ運転中の色

ポンプ運転中の色だけが異なる2枚の画面を比べてください。どちらの画面が好ましいかを、回答用紙に記入してください。これらの画面では全てのポンプが運転中であるとしています。

【Aの画面】

運転中のポンプは「赤」で描かれています。赤は数値表示などでアラーム色としても用いられています。また、アンサ異常のポンプは、同じ赤でブリンク(点滅)して表示されます。

【Bの画面】

運転中のポンプは「マゼンタ」(濃いピンク)で描かれています。数値表示などのアラームは赤で表示されるため、これとは異なる色として「マゼンタ」を採用しています。アンサ異常のポンプは赤でブリンク(点滅)して表示されます。

A画面へ

B画面へ

目次へ

戻る

問2へ

付録B-3 グラフィック画面のオペレータによる評価調査 回答用紙

DCS画面の仕様に関する比較検証 回答用紙

各設問に対するお答えとコメントを、以下の回答欄にご記入ください。

「どちらの画面がよいか」に対するお答えは、5段階で評価をお願いします。

コメント欄も、できるだけご意見をご記入ください。

会社名		事業所名			
お名前		DCS操作 経験年数	年	令	才

	どちらの画面がよいかの評価 (○を付ける)	コメント欄
設問 1	(Aがよい) (どちらともいえない) (Bがよい) 1 2 3 4 5 └──────────┘	
設問 2	(Aがよい) (どちらともいえない) (Bがよい) 1 2 3 4 5 └──────────┘	
	(中略)	
設問 1 6	(Aがよい) (どちらともいえない) (Bがよい) 1 2 3 4 5 └──────────┘	

回答用紙はご依頼窓口の方経由で、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科システム制御・管理講座宛てにご送付ください。ご協力有難うございました。

付録C グラフィック画面のオペレータによる評価に関連したコメント

グラフィック画面のオペレータによる評価の回答とともに、回答者から頂いたコメントや意見を以下に示す。設問ごと、および、5段階での回答ごとに主要な意見をまとめた。同種の意見は取りまとめを行った。

表 C.1 ポンプ運転中の色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 1	1 (赤がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中のポンプは色が濃いほうが見やすい。 ・ 赤がはっきりしていて見易い。Bは薄く見難い。 ・ 「赤＝注意が必要な事項」とシンプルな考え方としておいたほうがオペレーション面、設計面とも管理しやすい。 ・ マゼンタは中間色で ON か OFF が分かりにくい。しかし赤は異常色という考えもあるので、赤でなくてもよい。中間色はダメ。 ・ メータースタンドの RUN 色が赤色のため、DCS 上も RUN＝赤色に統一している。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプ運転状況はBのほうが見易いが、Bは数値異常が見づらい。
	3 (どちらもともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ どちらもダメ 運転中は異常でないのに赤とかマゼンタの様な目立った色はおかしいと感じた。 ・ 運転中のポンプは緑色が好ましい。赤は異常のときだけ使用することが望ましい。 ・ 赤系統の色は、アラーム色としているので運転表示色としては好ましくない。 ・ 赤は異常と感じる。マゼンタは慣れるまで運転中と感じにくく、落ち着かない感じがする。 ・ Aは赤色で危険色、Bはメンテ中のイメージなので、どちらも運転色と捉えにくい。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤系統の色は異常停止を連想するため、青や緑が好ましい。 ・ 運転中が正常と考えるので、アンサ異常の赤と同じでは見づらい。マゼンタも目が疲れるので、緑がよいのではないか。 ・ 運転中ポンプはラインと同じ色がよい。
	5 (マゼンタがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤表示は警報色への利用に統一した方がよい。 ・ 運転中は異常でないのに赤でない方がよい。 ・ 回転機器の色が赤いと、点滅していなくても異常と感じてしまう。 ・ アラーム時と通常時の識別が判り易い。 ・ 一目で判断ができる。運転中と数値データのアラームが識別出来るため異常判断がしやすい。 ・ Aの画面ではポンプの異常等の判別が解りにくい。 ・ 赤は異常色のため、運転中か否かの判断がつかない。

表 C.2 ポンプ停止中の色についての回答の主な意見（1）

設問	選択肢	主な意見
設問 2-1	1（緑がよい）	<ul style="list-style-type: none"> ・ グレーは休止中（使用していない設備）のように思える。 ・ ポンプ停止は緑が見え易い。ただし、ラインは赤と緑は使わない。
	3（どちらともいえない）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 緑でもグレーでも違和感を感じない。 ・ どちらでもよい。 ・ 見易さだけで言うとグレーがよいが、運転状況に応じたモディファイ色を適用する必要がある。（静止機器との区別等）
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプが分かり易い方がよい。 ・ 緑は正常に稼動していると思ってしまう。 ・ ライン色と分かれている方がポンプの判別がしやすいが、下のボタンと同系色の為、もう少し明るい色の方がよいと思う。
	5（グレーがよい）	<ul style="list-style-type: none"> ・ ラインと同色では停止していると判断しにくい。 ・ グレーの方が停止中に見える。 ・ グレーという色は感覚的に停止している印象がもてる。

表 C.3 ポンプ停止中の色についての回答の主な意見（2）

設問	選択肢	主な意見
設問 2-2	1（緑がよい）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤は停止している事が良く分かると思う。 ・ グレーは休止中（使用していない設備）のように思える。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 望ましいのは起動=赤だと思う。
	3（どちらともいえない）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中=赤、停止中=緑で長年使っている。これ以外の色は考えられない。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤は運転中のイメージがある。グレーは中間色でわかりにくい。
	5（グレーがよい）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤いポンプは、異常時にトリップしたポンプの様に感じさせる。 ・ ポンプ停止は異常と限らないので、赤でない方がよい。 ・ 異常色は赤で統一し、他には使用せず区別した方がよいと思う。 ・ 赤は運転中に思える。 ・ 異常時色と分別することで機器の状態が判別しやすい。 ・ 停止時と異常時の色と分別した方が機器の状態が一目で判別できる。

表 C.4 調節弁の開の色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 3	1 (同じ色が よい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ライン色と同一のほうが運転中のイメージがある。 ・Aのほうが全開状態と判断しやすい。 ・機器については形状で状態を認識可能であり、あえて色を変える必要は無い。 ・ラインと同色なので直感的に流れていると思える。 ・CVの状態は色分けしなくてもよい。流量で判断できる。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・Bだとライン色と同じだけの開表示の色を用意する必要がある。色数の増加は視認性を妨げると考える。ベターなのは、開はバルブ部を中抜き、閉はバルブ部を塗り潰すこと。
	3 (どちらとも いえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・Bのほうが調節弁が目立つが、Aでも十分認識できる。 ・A、Bともラインと同系色であるため分かりづらい。もっとはっきりと違う色がよい。 ・ラインと同じ色でも区別できる。どちらでもOK。 ・弁全体の色が変わっているだけでは開閉状態としては分かりにくい。弁本体部分だけの色を変えると見やすく分かりやすくなると思う。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・同じ緑はCV自身が分かりにくい。少し明るい色がよい。 ・ライン色より多少明るいほうがCVを使用しているとの感覚を受けるので好ましく思う。 ・設問画面はグラフィックがシンプルなため、調節弁をライン色としてもさほど探しにくくはない。 ・Aの画面では、一目で調節弁を探しにくくなっており違和感があります。Bの画面も同様に分かりにくいと思います。
	5 (同系色が よい)	<ul style="list-style-type: none"> ・配管と別色のほうが一目で探しやすい。 ・ライン色よりも少し明るいほうが見やすい。ポンプもこの色のほうがよいのでは。 ・Bの方が弁を探しやすい。ただし、画面内に弁が多数ある場合、長時間みていると目が疲れるかもしれない。 ・ラインとCVの色は、開閉状態に依らず分けた方がよいと思います。この例のBでも少し分かりにくいと感じます。(もっと区別した方がベター) ・全開時は配管とみなすことができるため、配管と同色のAでよいかと思います。開度0.1~99.9%の間はBがよい。

表 C.5 調節弁の閉の色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 4	1 (赤がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ グレーは閉というよりも、不使用という感じがする。 ・ グレーは機能していないCV、またはMAN状態のように感じる。 ・ 連続系プロセスではバルブが閉まっている場合、異常とみるので赤が目立って欲しい。 ・ Aの方が閉止中で流体が流すことができないとイメージしやすい。 ・ グレーより赤が目立つ。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働中の CV が灰色では目立たなく、違和感を感じる。停止中の機器に見える。 ・ 調節弁は開閉状態よりも制御状態のほうが重要と考え、MODEによる色替えのほうが望ましいと考える。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 個人的にはグレーの方が閉まっている感じはするが、赤は警告色なので、どちらがいいか分からない。 ・ 弁の色は同じでOPEN⇒塗り潰しなし、SHUT⇒塗り潰しとした方がよい ・ Aは異常と誤認する。アンサ異常等バルブに起因する情報を赤色でモディファイすべき。正常な開閉状態では、開はバルブ部を中抜き、閉はバルブ部を塗り潰すのがよい。 ・ AはCV弁が開いているように感じる。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤色は目立ちますが、閉まっていて正常なバルブもある。赤は異常と認識してしまいそうなので、グレーがよいと思います。 ・ 赤いCVは緊急事態のように感じる。・赤色はアラーム色として用いているため、異色のグレーの方が見やすい。 ・ 赤色は異常色のイメージがあり、閉状態では赤色表示は見にくい。グレーは色が目立ちにくく、白色がよい。 ・ ライン色および赤色以外が好ましい。ただし、グレーなど背景色に近づくと見づらくなるため要注意。
	5 (グレーがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 赤色はアラーム色、アンサ異常色なので、閉表示はグレーがよい。 ・ 閉じているのが異常という訳ではないので、赤は良くない。アラームも分かり難くなる。 ・ 赤は異常色であり、閉止のイメージがわからない。 ・ 「赤」は”緊急 or 重要”な情報に設定しているので、違和感があります。グレーの方がベター。 ・ Aの画面では弊社においては異常であるという先入観がはたらく。 ・ 閉じている状態を表すには暗い色がよいと思う。 ・ グレーの方が閉まっているように思う。

表 C.6 プロセス流体のラインの色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 5	1 (流体種別ごとに色分けがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流体の種類が分かって良い。 ・ どこに何が流れているかが判りやすい。 ・ プロセス流体ごとに色別にするほうが一目で流体の流れを理解できる。 ・ 多少、使用する色が多くなっても、流体の種類によって色を決めて表示するほうが見やすく分かりやすい。 ・ A画面では使用色は多くなるが、全て同一色よりは流体の判別がしやすく、監視しやすくなる。結果的に見やすくもなる。 ・ 最初はカラフルで戸惑うかもしれないが、慣れると判りやすいと思う。 ・ 流体を色によって色分けすることは必要。工程のつながりを見分けられる。 ・ 新入社員への説明等にも使用できそう。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ Aがよいが、極端に色分けすると目が疲れやすくなる。 ・ 流体色を2～3色に押さえられればAのほうがよい。 ・ 流体によってある程度色分けされていると見やすい。3色ぐらいなら見やすいが、色が多すぎると見にくくなる。 ・ 流体別に識別される事でプロセスが理解しやすいが、あまりにもカラフルになり過ぎると疑問。 ・ 少し色分けしている種類が多いと思うが、流体ごとに分けている方が分かりやすい。 ・ ラインの液の種類、移送先が分かりやすいが、この場合、色が多すぎて画面が見にくい。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Aの方がラインを識別しやすいが、黄色など特定に色だけが目立ってしまう。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 色が多すぎると逆に見にくく感じる。 ・ 流体のライン色は統一されている方が見やすい。
	5 (緑だけがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Aは色々な色を使いすぎていて、ゴチャゴチャして見づらい。 ・ Aは色の種類が多すぎて余計に分かりづらい。 ・ Aは色数が多く、オペレータの目が疲れれると思います。 ・ 色分けが多いと画面が複雑になる。プロセスとユーティリティー程度の色分けでよい。 ・ 流体によって色を変化させると、色が多すぎて見づらいと感じる。原料系と用役系の区別だけ出来ていれば充分かと思う。 ・ 原料系とユーティリティー系の区別が出来れば充分だと思います。 ・ プロセスラインは基本的に1色のほうが良いと感じる。

表 C.7 流体のラインの色変化についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 6	1 (色変化あり がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流量値や CV 開度を見なくてもビジュアルに状態を理解できる。 ・ 一目でプラントの状態が認識できる。 ・ ポンプと CV の色だけでは見落としてしまう。複雑になると特に判り難い。ラインを色分けすることで判りやすい。 ・ 運転状態がすぐに判断できる。 ・ 流体の種別が少ない場合は、A のほうが流れの有無が一目で分かる。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 液の動き等は、矢印と流量計で分かるが、A のような色分けがされていれば、ミスは少なくなると思う。 ・ 流れの有無でライン色を変化されることは好ましいと思うが、画面上のライン色が多くなってしまえば逆に分かりづらくなる。 ・ A がよいがライン色は CV やポンプと同じグレーが望ましい。グレーで統一することで停止していることが分かり易い。 ・ A のほうが見やすいが、停止ラインに手間を掛ける必要はないように思われる。
	3 (どちらとも いえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流れの有無での色変えは有効ではあるが、設問 5 との関係で色使いが複雑になる可能性がある。 ・ 通常、ラインは流れていないのが基本で、色を変えるのは流れている状態にすべき。 ・ どちらも分かり難い感じがする。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中・停止中などでラインの色を変えることで分かりやすくはなると思うが、色を変えなくても数値表示などで判断できると思う。
	5 (色変化なし がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 背景「黒」に対して「暗い青」は見にくい。 ・ ポンプ停止、調節弁の閉をグレー色にすれば流体の流れは分かるのでライン色を変える必要はない。 ・ 流体の有無は CV のみで十分である。他の情報があると、返って視認性が悪化する。 ・ 流れの有無によってプロセス流体のライン色を変化させる必要はないと考えますが、ユーティリティー系には必要かと思えます ・ ライン色までは変化させなくてよいと思う。 ・ 設問 5 で流体別に色分けする方がよいと考えたので、流れの無いプロセスラインまで色分けするとすると間違いやすくなる。 ・ 流れている、流れていないで区別するのは逆に分かりづらいと思う。 ・ プロセス流体が流れていなくても、除害されて完全に仕切られていなければ危険度は同じ。

表 C.8 流体ラインの太さについての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 7	1 (1種類がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 細いラインは見落としがちになる。 ・ 副次的なラインでも重要な時もある。 ・ Bは副次的ラインが細すぎて見にくい。 ・ 識別する必要性を感じない。 ・ ラインの太さは統一したほうが見やすい。細くすると見にくい。 ・ ラインの太さというものは何種類もあり、変化させるのは現実的ではない。 ・ 一画面内の情報が少ないのでAがよい。もし、ラインが多く、視認性が悪い場合はBがよい。 ・ 太さを変えないほうが統一感があって良い。 ・ Bは流量が少ないイメージに受け取り易く、バランスも悪い。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 副次的なラインが細くなると、見えにくくなるおそれがあると思う。 ・ プロセスラインの太さが違うと全体の画面が見づらい。 ・ 感覚的ですが、統一感を重視 ・ 主要ラインは経験を重ねれば何ら問題なく分かる範囲だと思われるので、太さは統一して見やすくするのがよいと思います。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 副次的なラインも見方によっては主要ラインになりうる。 ・ 見た目ではラインの太さが変わっても、色が同じため、さほど区別化されない。 ・ メインラインとサブラインとを区別する必要がない。サブラインでも設備運用上で重要なラインもある。 ・ 主・副の定義が確実にできるのであれば有効であると考える。 ・ どちらも見にくいことはないので、どちらでもOKである。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ メインラインが明確なので、若手に分かりやすく良い。 ・ ラインを太くする事で、主要流体の流れが解りやすい。 ・ 一目見て見易い。ラインの確認がし易い。 ・ 主要なラインが強調され、意識が主要ラインに自然と行き、監視しやすい。
	5 (太い細いを使い分けるのがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ メインフローが太いラインだと運転状況が分かりやすい。 ・ 主要ラインが見えやすくなることで、その工程の何が大事なのが初めて見る人にも理解できる。 ・ 主要なラインが見えやすく、理解しやすい。 ・ 実機の配管の太さ及び重要度に合わせて、ラインの太さを使い分けするのも良いと思います。

表 C.9 計装ラインの有無についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 8	1 (描かないほうがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Aはシンプルで見やすい。 ・ 計装ラインの点線があると画面が見にくい。 ・ すっきりしていて良い。計装ループは P&ID だけで良いと思う。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ Bは若手には計器の場所が分かりやすくいいが、この画面上だと線が多いので見づらい。Aのほうが、すっきりしているのが良い。 ・ プロセスが簡単であれば、判りやすい。複雑になれば見難くなると思う。 ・ 全てに必要なではない。流量計とその CV は殆どが隣り合っただけで描かれているので、計装ラインは書かなくても理解できる。 ・ 流量コントロール計器の場合は、流量計は書かずに CV のみでよい。 ・ 計装ラインもあったほうが計器ごとの制御方法が分かりやすいが、計装ラインと流体ラインが混在（交錯）する画面では不向きであり間違える元となりえる。 ・ 情報量は可能な限りシンプルにすべきと考える。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複雑なライン構成である場合は A、単純であれば B。 ・ 計装ラインが無い方がすっきりしているが、CAS 動作の場合はあった方が分かり易い。 ・ オペレーション上は計装ループまでは必要ないと考える。ただし、エンジ上はあれば助かるため、別画面で作成すべきでは。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計装ループの結合状態が分かり、この画面密度では見やすい。さらに密度が高くなると見にくくなるかも。 ・ 計装ラインはブルー等の目立たない細いラインで記入があるとよい。
	5 (描くのがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ どこを制御しているかを示すことは必須であると思う。 ・ 計装ラインはプロセスをイメージする上で必要です。 ・ 計装ループは必要に思います。画面密度はやむなし。 ・ 計装ラインはコントロール場所の明確化に必要である。トラブル時に役立つ。 ・ 計装ラインがあることで、考えなくても絵でループを理解できる。画面密度が高くなることに抵抗はない。 ・ Aはすっきりしているのではなく、手抜きである。誤操作防止からもBである。ただし黄色は目立ちすぎなので白などでよい。 ・ 計装ラインは AUTO で表示され、MAN で消えればよりよい。 ・ トラブル時には DCS 画面を見る機会が多い。冷静に確認する物は多い方がよいと思う。

表 C.10 計器ステータス表示の有無についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 9	1 (描かないほうがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Bは分かりにくい。制御ステータスはその都度調節弁等をクリックして確認できたらよい。 ・ ループステータス表示はグラフィック画面に必要なし。ループステータスをまとめた専用画面で確認する方がよい。 ・ Bは見づらい。ステータスは計装ラインの色の違いでよい。 ・ ループステータスはCVモディファイが良い。 ・ ステータスを表示してしまうと画面が見づらくなってしまう。また、通信速度への影響が懸念される。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計装ラインの色をステータスによって変化させればよい。 ・ ステータスごとにCVをモディファイさせることができるのであれば、Aがよい。 ・ どのループのステータスかが判り難い。すべてではなく、必要な箇所だけの表示が一番良い。 ・ タグ名をAUTO/CAS時にモディファイさせれば、見やすくなる。 ・ 常にAUT等が画面に表示されると見づらいと思う。常にではなく、通常以外に設定したら表示されればすごくよいと思う。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ AUTは「A」、MANは「M」と表示するのがシンプルでよい。 ・ タグ名の色を変えて表示させたほうがよい。 ・ ステータスは見えた方が確認しやすく、ミスオペの防止にもつながると思うが、画面密度が高くなりすぎてしまい、見にくい。 ・ 運転管理上で重要な計器のみ表示でよい。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在のステータスが一目で分かる方が操作しやすい。ウィンドウを開く手間が減る。バルブの色を変えてもよい。 ・ ステータス間違いに気づけるので良いが、この画面では見づらい。 ・ 文字を小さくし記号化すれば、画面の情報密度は上がらない。 ・ これぐらいの数のループがあれば、ステータス表示されている方が管理し易いように思う。
	5 (描くのがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ステータス表示によりコントロール形態が理解できるので異常時の処置がスピーディーにしやすい。 ・ 密度が高くなっても1枚の画面で得る情報は多い方がよい。 ・ 状態が良く分かり、監視レベルが上がると思う。 ・ 制御ループのステータスは重要と考えます。色は目立つほうがよい。 ・ Aではタグを呼び出さないと判断できなく、不安を感じる。 ・ 制御ループの状態を表示しないと、AUTの全閉とMANの全閉とが同じになってしまうので、状態が把握できない。

表 C.11 静止機器の塗り潰しの有無についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 10	1 (塗り潰しがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・塗りつぶされているほうが目に付きやすい。 ・塗りつぶされていないとラインのように見える。 ・ラインの色など周囲の条件にもよるが、Aのほうが視認性が良い。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・背景が良く判ると思う。線だけだと背景の黒が目立っていると思う。 ・Aは塗り潰している為、Bに比べて目立っている。目立っている方が分かりやすい。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・Bは目立たないし、Aは目が疲れそう。 ・慣れれば同じだが、Bの方が目が疲れにくい。 ・ベタ塗りでは目立ちすぎる。静止機器を目立たせる事に意味は無いと思う。線の描写だけでも他のラインと色を変えれば十分区別が付く。 ・タンクレベルによって塗り潰す範囲を変更してはどうか。 ・塗り潰されていれば機器は見やすい。色によるが、強調されすぎると画面がまぶしく感じられ、見にくくなると思います。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・静止機器を目立たせるのは良くない。目立たせるべきなのは回転機器や調節弁などのほう。 ・静止機器の液面が見えた方が良いので、塗り潰さずに液面推移とバーを表示させるのが良い。
	5 (枠だけ描くのがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・静止機器は目立たなくてよい。 ・塗りつぶされた静止機器に目が行き、数値データが見つらい。 ・画面上の静機器のインパクトが強く、他の重要な計器が見つらい。 ・塗り潰すと静止機器内の攪拌機、トレイ、じゃま板などが分かりにくく、液面表示もできないのでBがよい。 ・ポンプや調節弁が塗り潰しなので、塗り潰してないほうが分かりやすい。 ・Aは塗り潰し部が多く、圧迫感が感じられる。ラインよりも目立ってしまうので好ましくない。 ・液面を表示するので塗り潰しの方がよい。 ・静止機器は枠だけでも見やすい。枠内に液面バーを表示すると良い。

表 C.12 静止機器の塗り潰し色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 11	1 (緑がよい)	・ 静止機器に色を塗ること自体、必要ないように思える。
	2	・ なぜ、静止機器を目立たせるのか。
	3 (どちらとも いえない)	・ 静止機器は枠だけでも見やすい。枠内に液面バーを表示すると良い。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ ラインと同色だと、運転している様な勘違いを起ししやすい。 ・ ラインと同色だと流れがあるイメージが強いと思う。機器が違う色のほうが判りやすい。 ・ もっと近い色でよいと思う。 ・ 色を変えることで存在ははっきりと認識できるが、強調されすぎると画面がまぶしく感じられると思います。
	5 (薄青がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ライン色と同色にすると分かりにくい。 ・ 静機器とラインは分けた方が分かり易い。 ・ Bのほうがメリハリがあってよい。 ・ 静止機器とラインとは別の色の方がいいと思いますが、静止機器の存在感は必要ないかと思います。 ・ ライン、タワー、ドラムと、異種の設備が同色なのは良くない。 ・ ライン色と同じにすると運転機器のイメージがあるので、ライン色とは違う色にする必要がある。 ・ 調節弁等がライン色と同じなのに対して停止機器がライン色と同じであると運転中と間違える可能性がある。 ・ 色を変えた方がプロセスの区切りが分かり易い。

表 C.13 静止機器のグラデーションについての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 1 2	1 (なしがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 立体的に表現する必要は無いと思います。 ・ グラデーションは設備名や機器番号が見にくくなる。 ・ グラデーションは必要なし。静止機器が全体から浮いています。 ・ グラデーションを付けても実際とは違うのであまり意味がない。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 立体だと逆に違和感があり見づらい。 ・ これだけを立体的にするのは統一感がない。 ・ 立体的に描かれていると逆に運転機器のイメージがある。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ どちらであっても運転上問題ないと思います。 ・ グラデーションの方がラインと区別しやすいが、複雑な形の機器にグラデーションを適応させるのは難しい。無理矢理グラデーションにすると格好が悪い。ならば潔く単色の方が良い。 ・ グラデーションを用いる場合は配管も同様にして全体的に統一した方が良い。 ・ 見た目ではBのほうが良いが、監視操作の画面を考えるとAでも全然問題が無いと思う。 ・ 最近、自職場でBの方法でグラフィックを作成したが、反対意見も無く使用しています。案外慣れるものです。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 立体感があって見やすい。 ・ ベタ塗りするのであれば、グラデーションがあった方が見やすいと感じます。 ・ サンプルのように1画面に機器が多く、大きさもそれなりに使うとなると。ベタ塗りよりもグラデーションを使用したほうが目が疲れにくいと思われる。 ・ グラデーションを用いている方が静止機器の存在感が控えめな感じがして良いと思いました。
	5 (ありがたい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 立体的でとてもよい。 ・ Bの方がリアリティがある。 ・ 静止機器をイメージしやすい。 ・ 自職場でもグレーのグラデーションを採用している。

表 C.14 画面切替え方法についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 13	1 (ボタン方式がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Aのほうをクリック箇所が分かりやすい。 ・ ○○工程と書いてあるので分かりやすい。 ・ B画面は展開できるかが、ぱっと見ただけでは分からない。 ・ Aの画面のほうを使う人に親切であると思える。 ・ ラインの先端の印と画面切替え操作の関連性がイメージしにくい。 ・ バッチならAが有効と思われるが連操系ならBが有効と思われる。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 画面切り替えスイッチを別途作成することは、無駄に画面密度を上げているように思われる。 ・ グラフィック上には他にも表示の必要があるスイッチ類があるので、それと区別を付けたい。 ・ Aのほうが親切。Bは画面展開があることに気づかないのでは。 ・ どちらの機能も良いが関連するページにすぐにいけるボタンがあった方がよいと思った。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 差は感じられない。どちらでもいい。 ・ 両方併用がよい。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ フローに沿った展開が出来そう。 ・ GUI的にはBの方が分かり易い。ただAも悪くはないので、設備・プロセスなどの環境によって使い分ければ良いのかもしれません。 ・ 工程画面の切り替えはソフトキーに割付けるのがよい。
	5 (ラインの先端方式がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 矢印表示のほう操作する人には使いやすい。 ・ ラインをイメージしながら操作できるため、Bの方が良い。 ・ ラインを追いながら、その先の画面へと展開しやすい。オペレータ自身がラインを覚えるのにも役立つ可能性がある。また、操作性もよい。 ・ 画面がシンプルになるのでBの画面が良いと思う。 ・ Bで可能であるはずなのに、ボタンを作る必要がない。 ・ 工程を知らなくても矢印で展開でき、分かりやすい。得に新人などは。 ・ Bの画面のように直接クリックするほうが操作しやすい。分かりやすく、誤操作しにくいと思う。 ・ 前後の設備に視覚的に展開できるので画面展開の間違いが少ない。 ・ 直感的な画面展開が可能。ただし、全く関係の無い画面への展開も必要なこともあるため、Aとの組合せが必要では。 ・ 通常使用するものが画面表示切替を知っていれば問題なし

表 C.15 画面背景色についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 14	1 (グレーがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・長い時間見るので、目が疲れ難い方がよい。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・Aは長時間見ても目が疲れにくいと思うが、画面が少々見にくい。Bは目が疲れそうだがハッキリと見やすい。優先度はどちらとも言えず、優劣付けがたい。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・AはCVやポンプが目立たない。 ・グレーと黒の中間色はできないでしょうか。 ・モニターのコントラスト等で調整すれば良い事だと思う。 ・グレー背景は、白黒反転して印刷する場合に見辛くなる。 ・背景色が「黒」の方がコントラストの差が大きく見やすい。特に「白」との差が大きく、文字データ(タグ、プロセスデータ、単位など)が認識し易い。 ・背景が黒の画面に慣れていることもあり、Bが見やすくて良い。Aも慣れてしまえばどちらとも言えない気がします。 ・コントラスト比を抑制することは必要なものの、実際には画面設計時に同じ評価を検証(同じ画面で背景を変えたモノをしばらく使ってもらい)したうえでBを採用した。
	5 (黒がよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・鮮明なB画面が見やすい。 ・設備名、数値等がはっきりと見やすい。 ・Aは目が疲れにくいかもしれないが、見づらい。 ・Aはぼやけて見える。Bはハッキリ見える。 ・コントラストが強い方がしっかり見れる感じがする。 ・Bはライン等のプロセスが良く目立ち、インパクトがある。 ・目が疲れにくくても見づらかったら意味がない。Aはヒューマンエラーを起こしやすい印象を受ける。 ・目が疲れにくい配慮は大切だが、ぼんやりしていて異常発見が遅れては何にもならない。 ・Aはぼんやりしていて、操作ミスが置きやすい。 ・グラフィック画面の中に描かれた要素とのコントラストの差が大きく、描かれた内容がくっきりと目立つほうがベターだと思います。 ・黒い方が設備が見やすい。長時間同じ画面を見ることは無いと思うので、Bのほうがよい。 ・白黒反転印刷した場合、背景が黒だと白く印刷できるので見やすく、インク代の節約にもなる。 ・目の疲れにくさよりも視認性を優先したい。
	1 (グレーがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・長い時間見るので、目が疲れ難い方がよい。

表 C.16 ラインの配置方法についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 15	1 (不統一でよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の現場配置に近いほうがよい。
	2	<ul style="list-style-type: none"> ・P & I を見る様に基本は左から右へ流れるのが見やすい。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の現場に近い状態を表現した方がよい。 ・なるべく実際の配置に合わせたラインがよい。Bは P-201 からどこで枝分かれしたかが分からない。 ・実際の設備に極力合わせるのが、直感的なオペレーションに有効であるとする。
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・Bのほうがラインの状態を認識しやすい。 ・Bの方が位置感覚をつかみ易い気がする。 ・無駄に線をまたいでいない分、把握しやすい。 ・基本はBの方が見やすいと思います。ただ、Bでは実機のレイアウトとあまりにも異なる場合は、Aに近いグラフィックでも良いと思う。 ・流れが判りやすいことが一番だと考えています。左右対称にすると判りづらい時もあるので。
	5 (統一したほうがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・Bのほうが見えて気持ちよい。 ・B画面のほうがバランスが良い。 ・A画面の様に間隔や配置がバラバラだと非常に見にくい。 ・A画面を見ているだけでイラツキを感じる。 ・Aはごちゃごちゃ感がある。Bのほうが、まとまりがある。 ・系統を比較できたりするので、左右対称の方が見やすい。 ・Bはラインが整理されて描かれており、見やすい。 ・配置バランスは重要なファクターで可能な限りBのようにすべき。 ・色と同様、配置も大切。分かりやすい配置は誤操作防止にもなる。グラフィック作成者はそこまで気を配るべき。 ・ラインが複雑になる場合もあるので、そのようなときはAの表現でも仕方がないので、ケースバイケースで使い分けた方がよい。 ・Aは中央部の切替え弁が左側にあり、右塔への切替え弁と認識が困難。オペミス発生のリスクあり。 ・Bのほうがすっきりと見え、共通ラインなど現場のつくりも分かりやすい。 ・ラインの交差は少ない方がシンプルでよい。

表 C.17 ポンプ等の配置についての回答の主な意見

設問	選択肢	主な意見
設問 16	1 (バラバラでよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上下左右を揃えることでムダにラインを引き伸ばす等、逆に情報量が多すぎて見にくい ・ 画面ではポンプの位置が揃っているからと言って、何の意味もない。むしろステータス、単位、指示値が決まったレイアウトで書かれているの方が問題。(この意味は、ポンプのレイアウトを気にするあまり、必要なスペースを削っているのではないか？他の必要な記入のスペースを融通できないのでは？) ・ あくまでもプロセス単位で画面をみているので機器をならべると逆に分かりづらい。 ・ 計器が設置されている場所にデータが表示されるべき。データ表示位置が離れると間違いにつながる。
	3 (どちらともいえない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 揃えて描かれて分かりやすいように思うが、誤操作や誤認識する可能性がある。 ・ 視認性はBのほうがよいが、現場の位置関係を崩さない範囲でそろえるのはOK。 ・ 情報量が多い画面では、上下左右の位置を揃えて描くよりもスペースを考えて配置したほうが見やすくなると思う。スペースが確保されるのであれば、Bのほうが見やすい。 ・ 画面の総合的なバランスによって使い分ける必要がある。 ・ 見易さはBであるが現場のイメージにあわせる表示のほうが良い。塔の高い低い、槽の位置や大きさをイメージできる図が良い
	4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整列されている方が見やすい。 ・ 統一性があり操作し易そうに感じる ・ Bは整理されていて見易い。しかし、計器の整理のためにラインが犠牲にならないようにしなければならない。 ・ 調節弁の左右位置を揃える必要はない。向きは揃えた方がよい ・ Bのほうが画面レイアウトのバランスがよく、見やすい。
	5 (整列したほうがよい)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整理されて描かれており、見やすい。 ・ 位置が揃っているので見やすい。 ・ ある程度揃えて描く方が操作時のポインティングが早く行える。 ・ 配置バランスは重要なファクターで可能な限りBのようにすべき。 ・ Bはとても素晴らしい。時間を掛けて作っているようです。配置を揃えるのは、指示計の数値の見やすさにも影響する。 ・ 画面の密度にもよるのですが、バランスが良いと一目で判るので位置を揃えている方が良いと思った。

研究業績

査読付学術論文

1. 馬場一嘉, 西谷紘一: プラント運転用のDCS画面設計に関するアンケート調査結果と考察, ヒューマンファクターズ, 14, 1, 35-44, 2009

査読付国際会議プロシーディングス

1. Kazuyoshi Baba and Hirokazu Nishitani, Study on Design Rules of DCS Graphics for Plant Operation, Proceedings of the 5th International Symposium on Design, Operation and Control of Chemical Processes (PSE Asia 2010), 794-801, Singapore, 2010

国内学会発表

1. 馬場一嘉, 西谷紘一, プラント運転のDCS画面設計に関するアンケート調査結果と考察, 第52回自動制御連合講演会, 2009
2. 馬場一嘉, DCS画面設計に関するアンケート調査結果と考察, 化学工学会システム情報シミュレーション部会プラントオペレーション分科会第114回研究会, 2009
3. 馬場一嘉, 西谷紘一, DCSグラフィック画面に関するオペレータ評価, ヒューマンファクターズ特別号 (日本プラントヒューマンファクター学会大会 予稿集), 30-31, 2010
4. 馬場一嘉, DCSグラフィック画面仕様のオペレータ評価, 化学工学会システム情報シミュレーション部会プラントオペレーション分科会第118回研究会, 2010