



建物・設備の効果の解析的・実験的把握

—省エネルギー性、快適性、生産性の効果の定量化へのアプローチ—

宇都宮大学 糸井川高穂

労働環境の改善に投資しますか？

背景

生産に関わらない設備は後回しにされがち

効果

快適性、生産性は目に見えない

投資

投資するなら効果のある設備

効果の検証手順

解析

- ・ 熱源・窓・什器等を含めた工場の3Dモデルを作成
- ・ シミュレーションにより、24時間・四季の熱・空気の移動を再現

課題分析

- ・ 解析結果から、環境の課題を検出
- ・ 課題を解決する案の構造的・経済的な制約条件を分析

解決案

- ・ 制約条件の中での課題の解決方法の効果を、シミュレーションにより分析
- ・ 効果を定量的に提示

印刷工場での環境改善案の提案

解析

- ・ 発熱する印刷機器だけでなく蓄熱している印刷物を3Dモデルで作成しシミュレーション
- ・ 気流・風速等の屋外環境条件や業務時間中・就業時間後の設備の運用方法を設定

課題分析

- ・ 温度分布の経時変化を確認
- ・ 排熱設備（大型換気扇）の設置に関する制約の確認

解決案

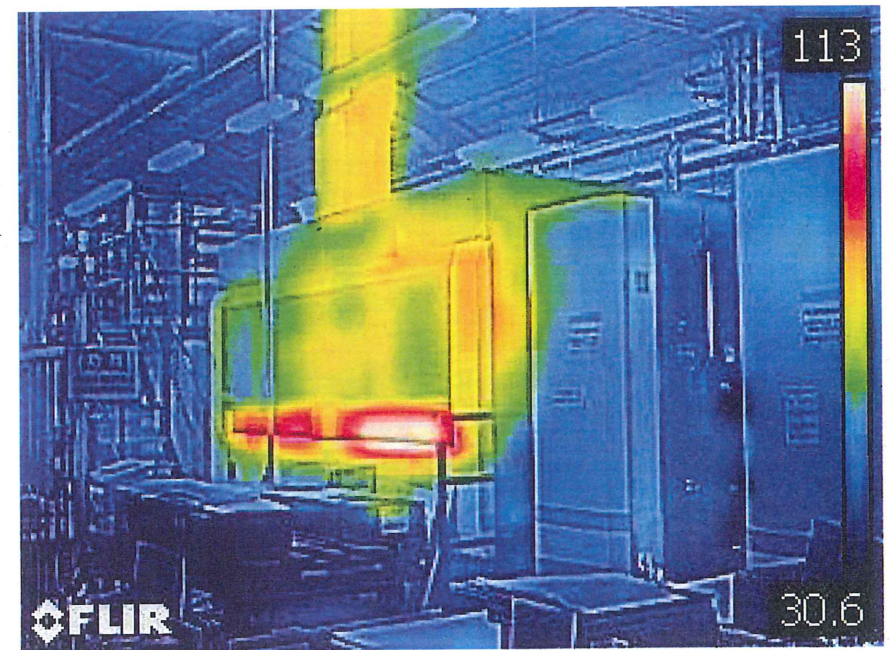
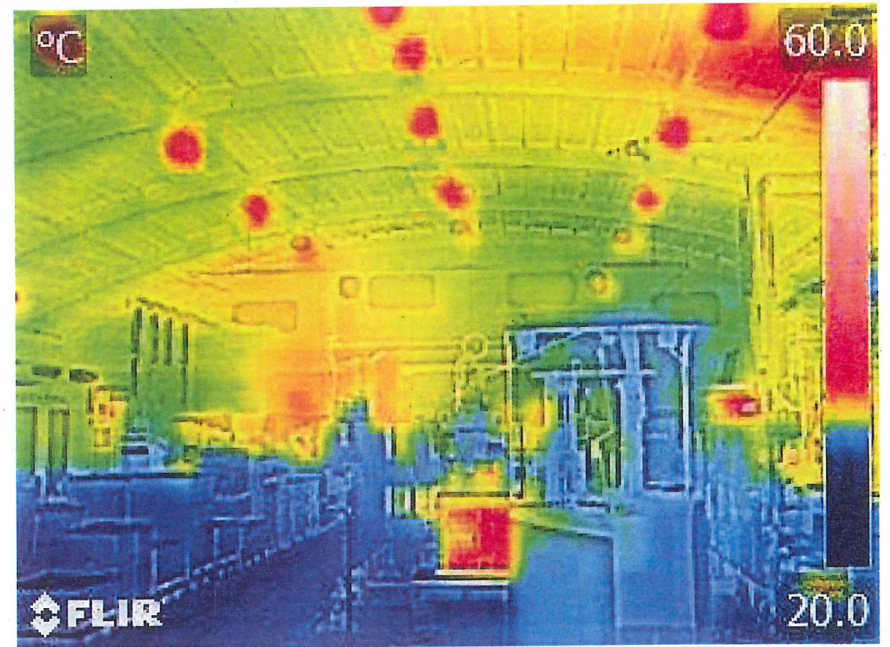
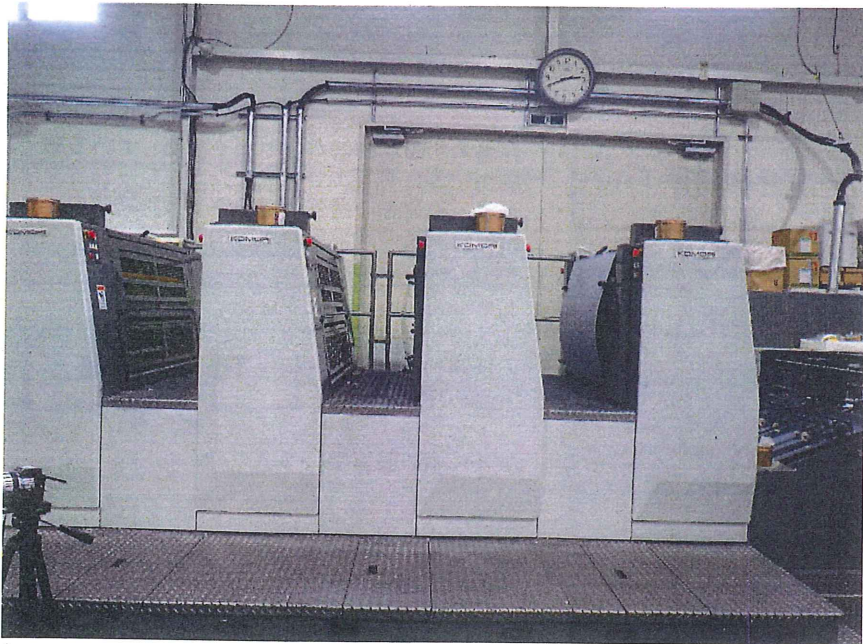
- ・ 排熱設備の設置案のモデルを作成しシミュレーション
- ・ 室温の低下を定量的に提示

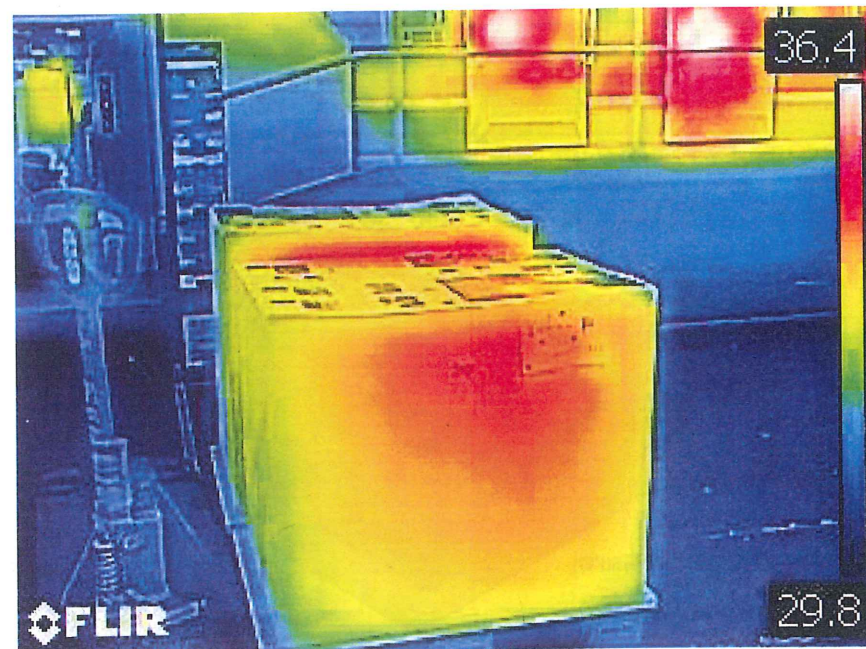
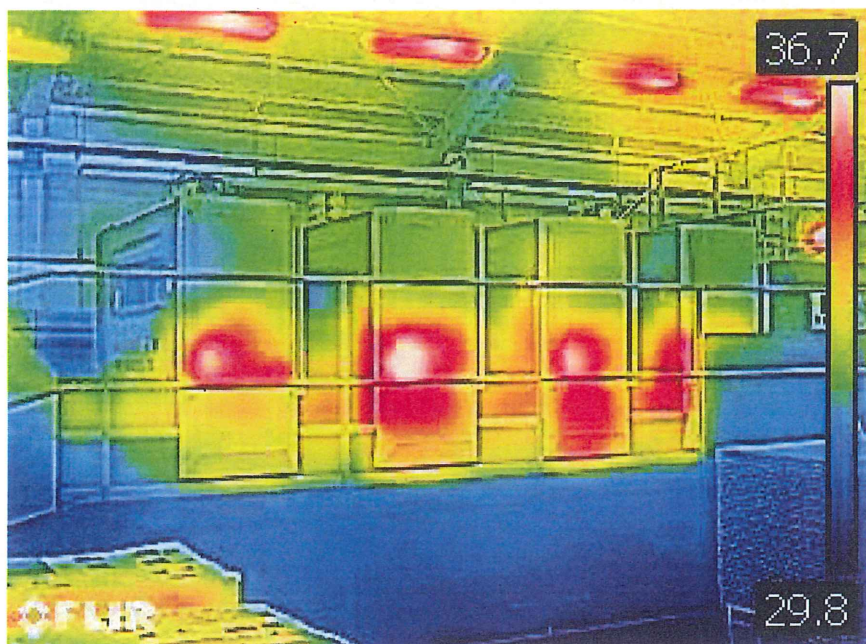
印刷工場での環境改善案の提案

解析

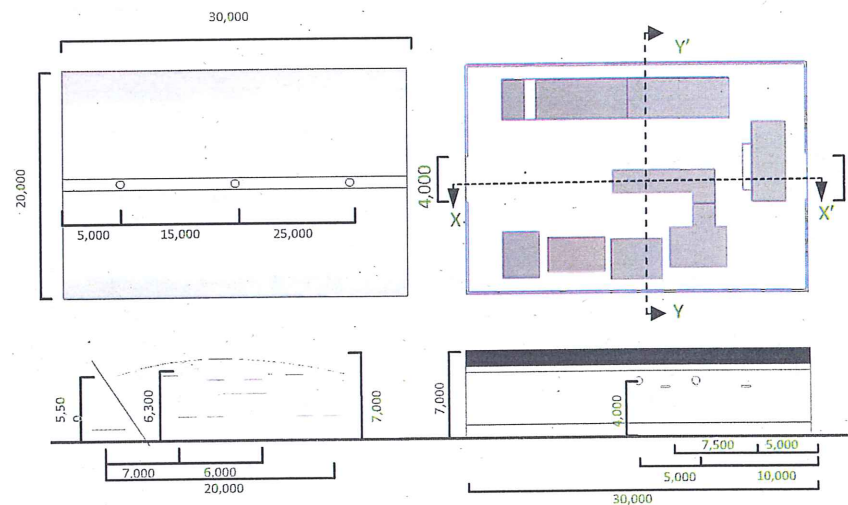
- ・ 発熱する印刷機器だけでなく蓄熱している印刷物を3Dモデルで作成しシミュレーション
- ・ 気流・風速等の屋外環境条件や業務時間中・就業時間後の設備の運用方法を設定





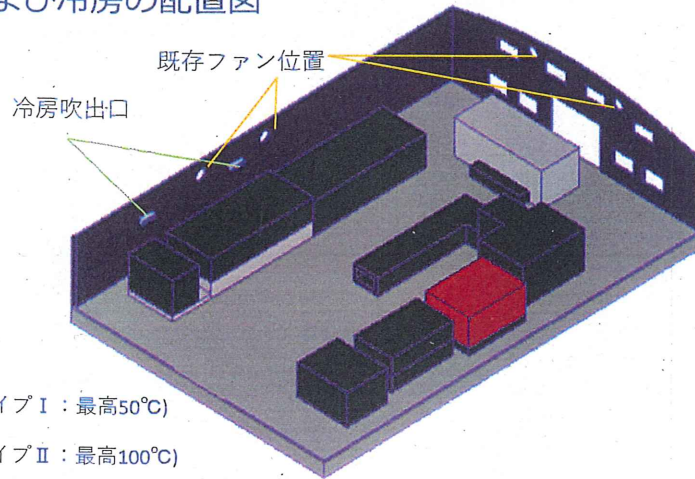


改善案の検討方法

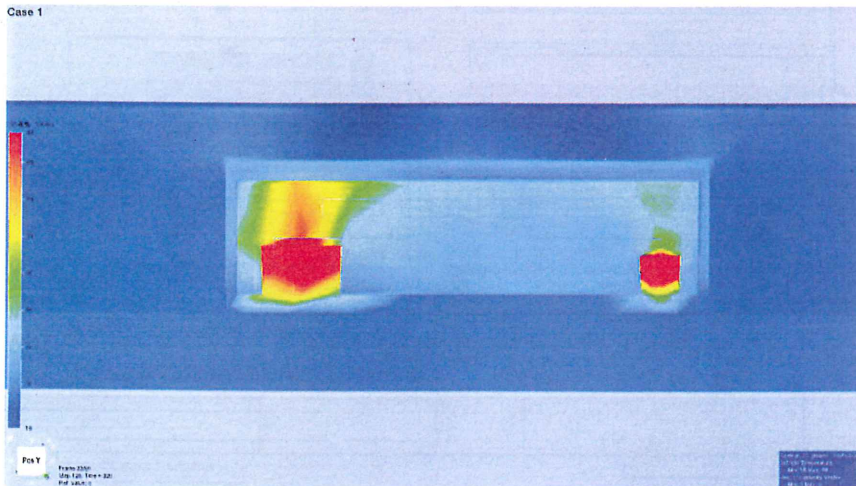


印刷工場のモデル化

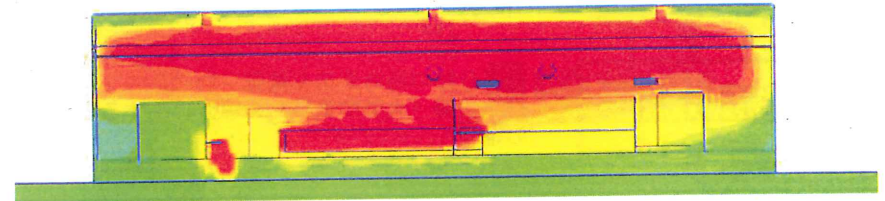
熱源および冷房の配置図



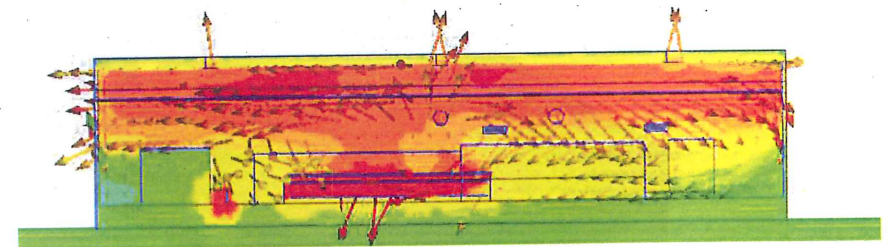
解析結果 温度分布の経時変化



解析結果 室温分布の経時変化



解析結果 風速分布の経時変化



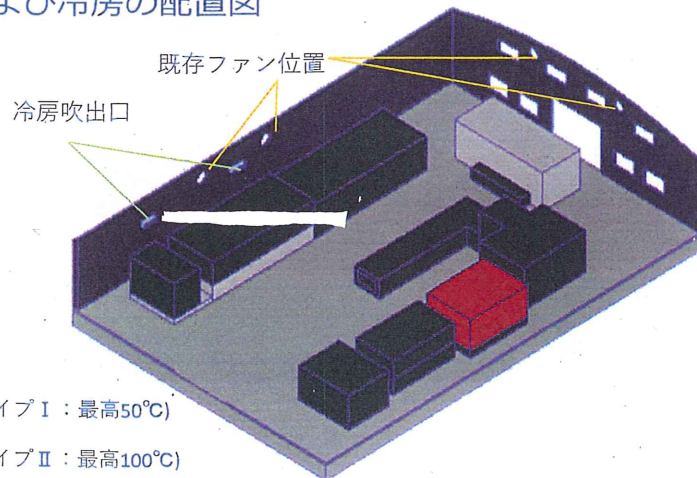
印刷工場での環境改善案の提案

課題分析

- 温度分布の経時変化を確認
- 排熱設備（大型換気扇）の設置に関する制約の確認

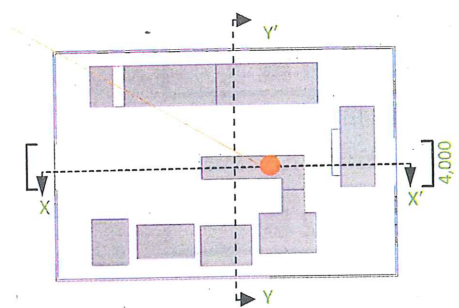
印刷工場のモデル化

熱源および冷房の配置図



改善案の検討方法（設置位置）

熱源重心位置



$$x = \frac{\sum_{i=1}^n W_i * x_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

x = x 方向の重心位置

W_i = i の発熱量・除去熱量

x_i = i の x 方向の重心位置

印刷工場での環境改善案の提案

解決案

- 排熱設備の設置案のモデルを作成しシミュレーション
- 室温の低下を定量的に提示

改善案の検討方法（設置個数）

+ 1 機

- 等間隔
- 熱源重心位置

+ 2 機

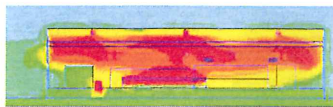
- 等間隔
- 熱源重心で分割した領域の熱源重心位置

+ 3 機

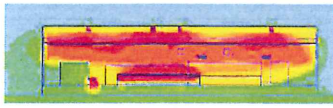
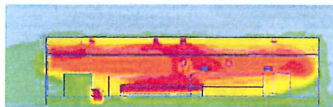
- 等間隔
- 熱源重心位置 + 残熱量の熱源重心位置で分割した領域の熱源重心位置

解析結果に基づく改善案

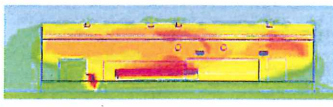
現状



改善案



最終提案



排熱設備の
設置位置を
熱源の重心
位置とする

居住域室温
-2 ~ -3°C

効率的な温熱環境改善のポイント

根拠

熱の排出 = 低温外気の流入 = 室温の低下

考案

事前に検証する = シミュレーション

事前検証

複数案の効果を事前にシミュレーション & 比較

快適性・生産性の効果

課題分析

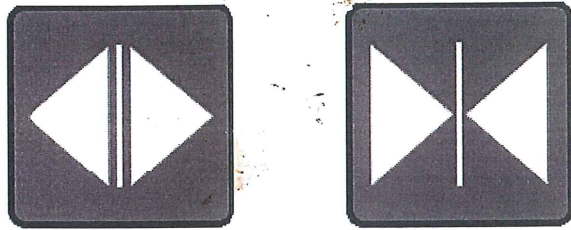
- ヒューマンエラー・作業ミスなどの課題を抽出
- 課題の解決手法を考案
- 課題の解決における制約条件を確認

実験

- 被験者実験により現状・解決案の効果を検証
- 解決案の課題を分析
- 現場への実装における課題の確認

解決案

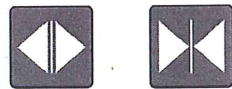
- 制約条件の中での課題の解決方法の提案と制約条件の提示



ヒューマンエラーの低減を目指す



アクセル/ブレーキの
踏み間違い



エレベータの開閉ボタンの
押し間違い

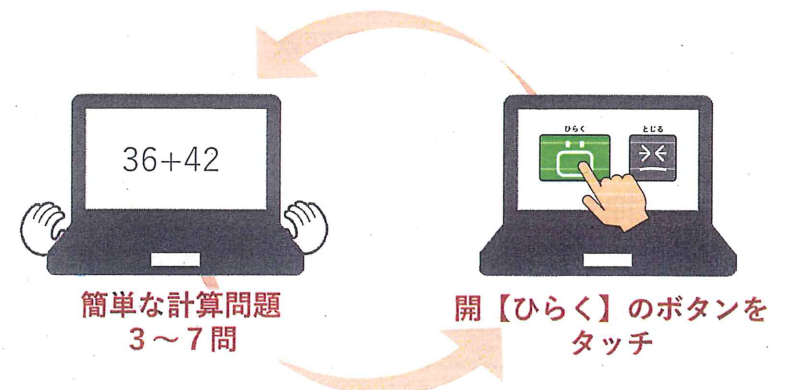
日常的に発生するヒューマンエラー

➡ 開閉の判別が簡単なボタンのデザインが必要

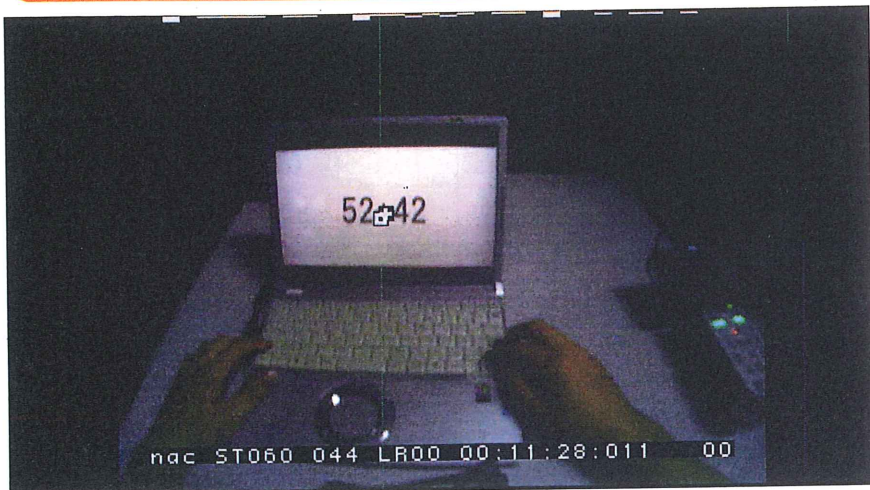
ヒューマンエラー低減のデザイン

	色	開のサイズ			ルビ			イラスト				
	■ ■ ■	1倍	1.25倍	1.5倍	無	上	下	開閉	開閉	開閉	開閉	開閉
正確さ	◎		○	◎	◎			◎	◎		◎	
迷い	◎			◎	◎				◎		○	
素早さ	◎	◎		○	◎					◎	○	○
総合評価	●			●	●				●		●	

ヒューマンエラー低減の検討方法



ヒューマンエラー低減の検討方法



ヒューマンエラーの評価

正答率

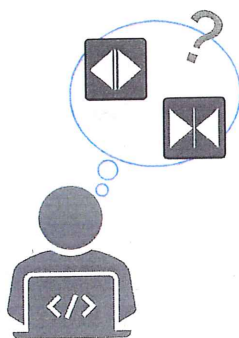
全問題数に対する **正解した問題数**

所要時間

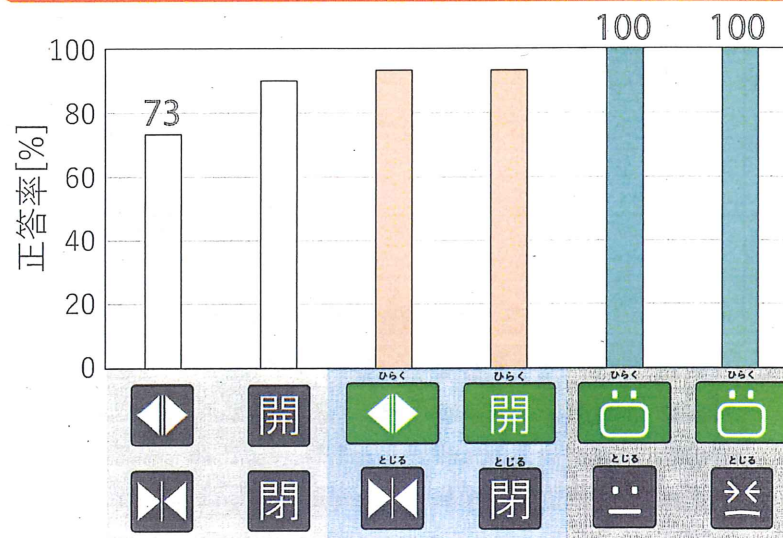
ボタンを押すまでにかかった時間

注視時間率

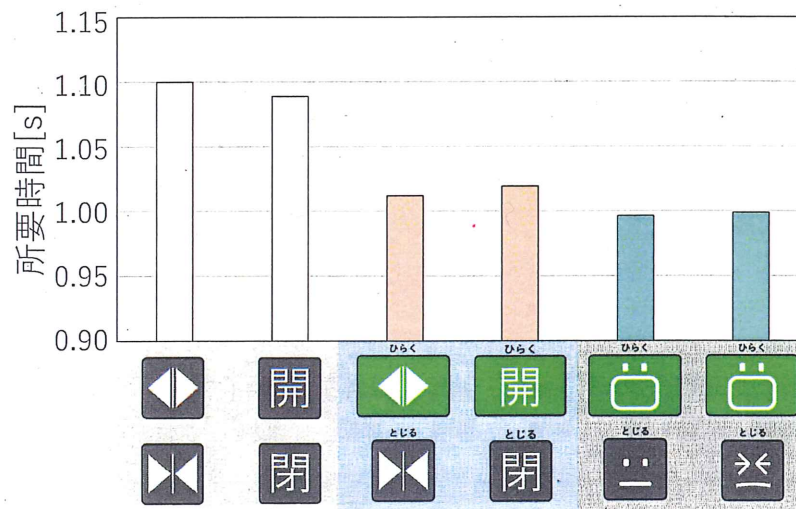
エレベータボタンを見ていた時間に対する **開【ひらく】ボタン**を見ていた時間



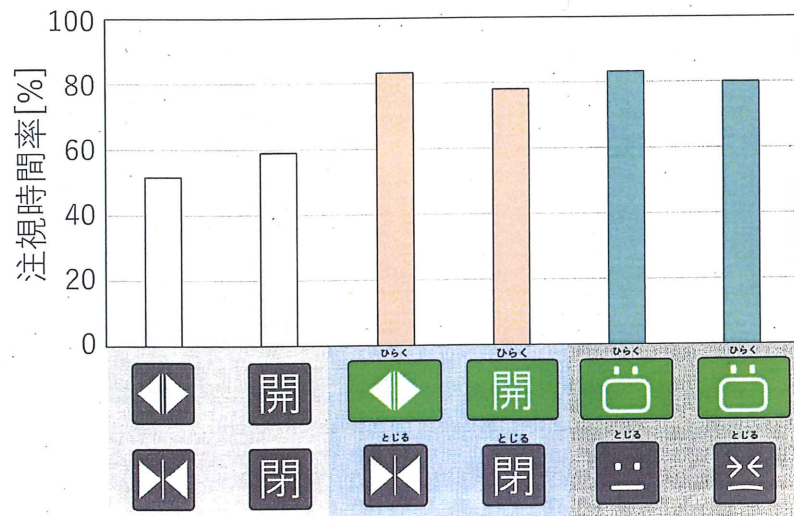
ヒューマンエラー低減デザインの効果



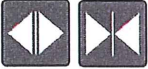

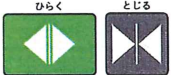
ヒューマンエラー低減デザインの効果



ヒューマンエラー低減デザインの効果



ヒューマンエラー低減デザイン

- ①  イラストのみ、三角の向きで表すボタンは誤判断が生じやすい
- ②  目や口の開閉で表し、サイズや色を区別したボタンは押し間違いが生じにくい
- ③  注視時間率が長くなるデザインを取り入れると正答率を高められる可能性

ヒューマンエラー低減のポイント

認知心理

人の脳の情報処理の特性を応用する

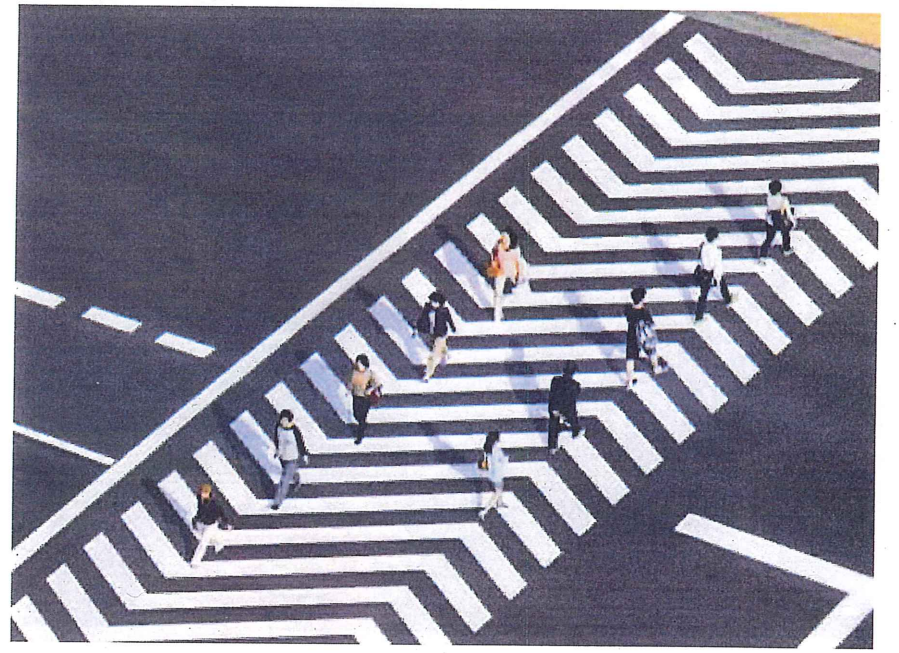
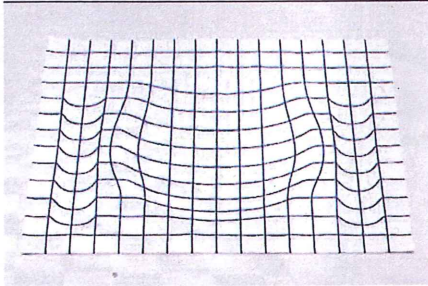
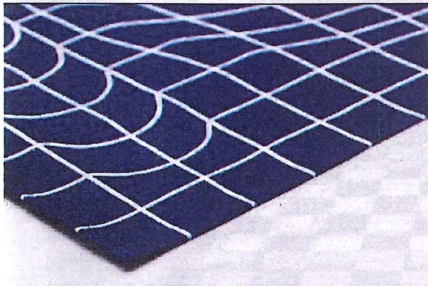
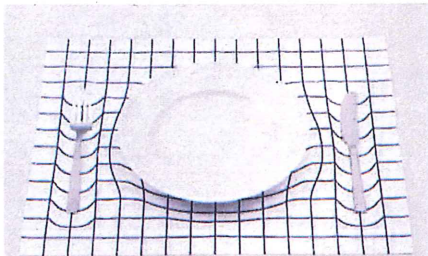
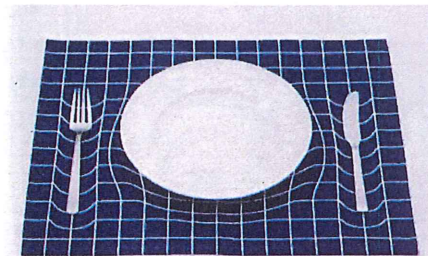
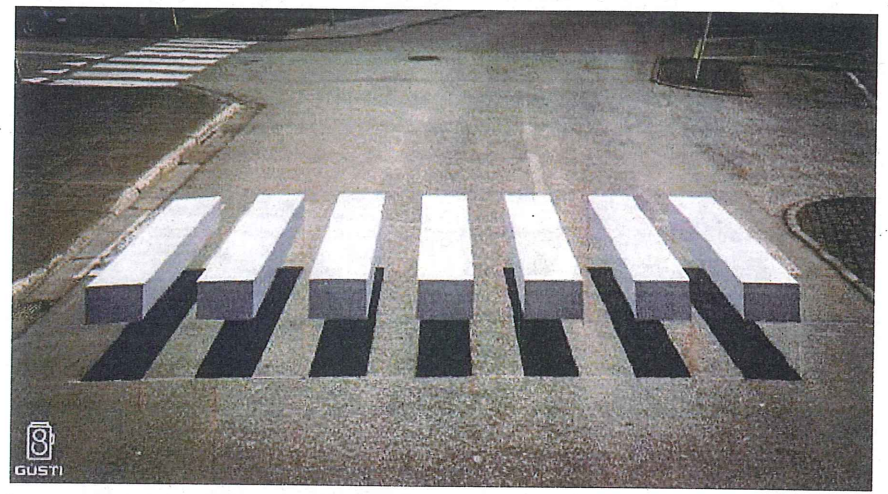
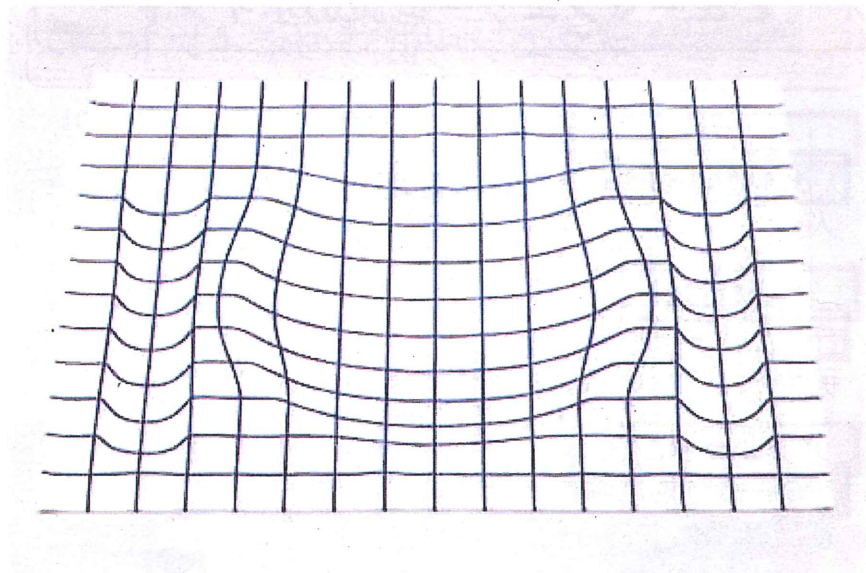
行動経済

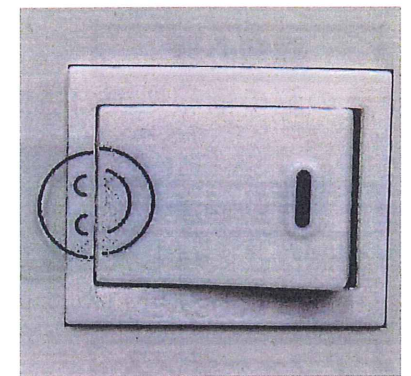
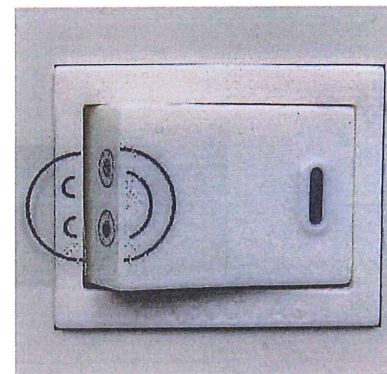
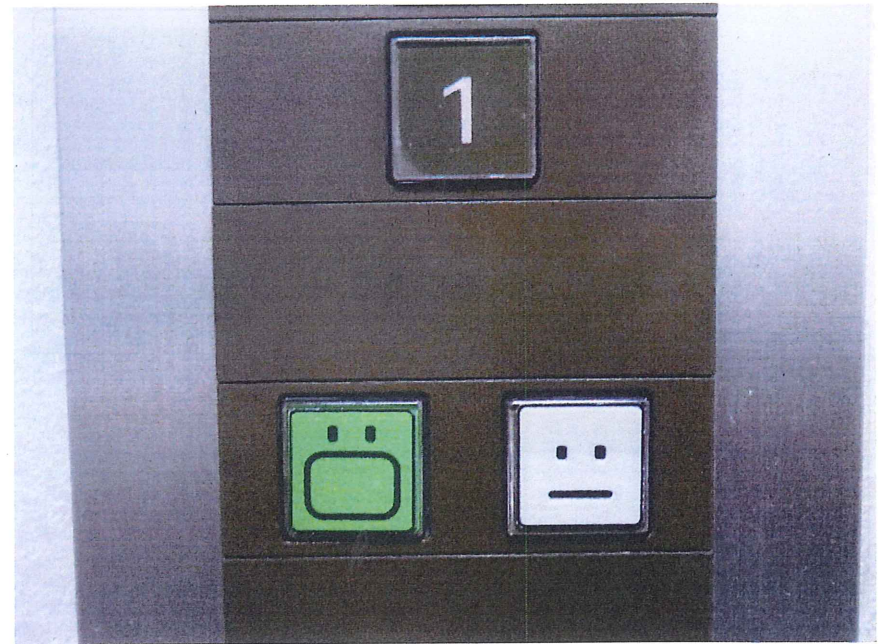
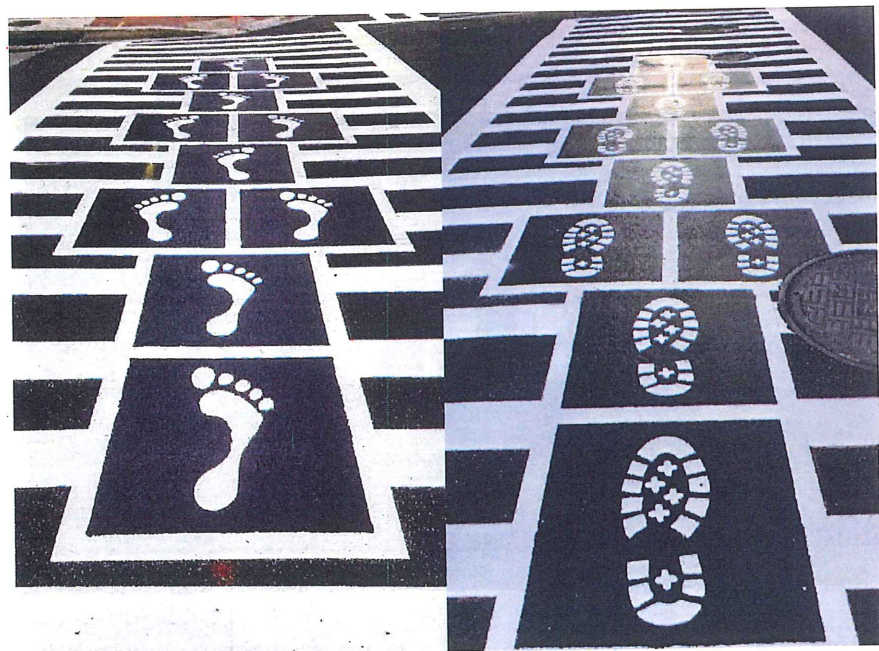
面倒なことはしたくない
= させたくない行動を面倒にする

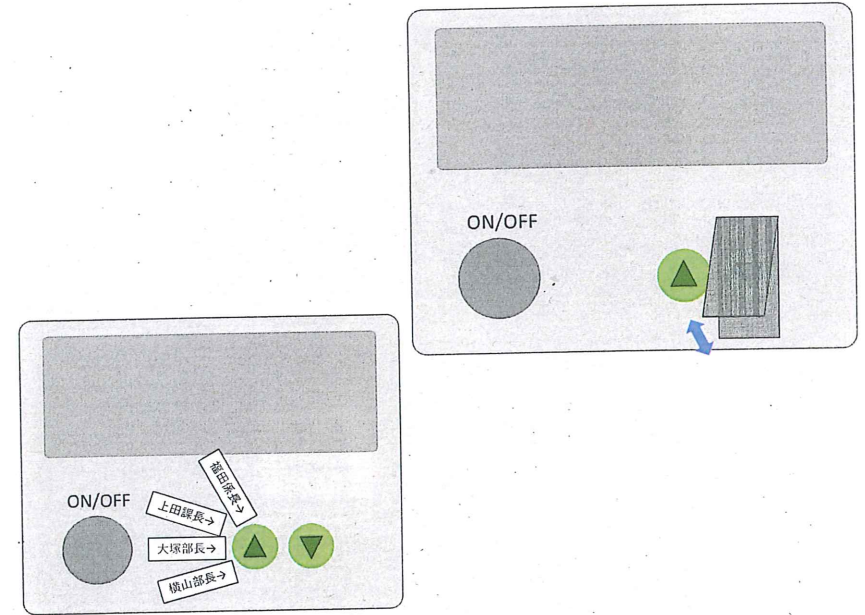
アフォーダンス

意識せず取る行動 = 理想的な行動









ヒューマンエラー低減のポイント

認知心理

人の脳の情報処理の特性を応用する

行動経済

面倒なことはしたくない
=させたくない行動を面倒にする

アフォーダンス

意識せず取る行動 = 理想的な行動