

The Dynamics of Trust: Comparing Humans to Automation

Lewandowsky, S., Mundy, M., & Tan, G. P. A. (2000)

Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 6, No. 2, pp. 104-123.

Introduction

- 多くの運用管理システムの機能は、人間と自動化システムに割り当てられている
(例) 飛行機のコックピット, 航空管制御, 製造工場, 等
- オペレータの役割
 - プロセス制御
 - ◇ 自動化システムの監視 (Moray, Lee, & Hiskes, 1994)
 - ◇ 自動化システムのエラーをバックアップ (Sheridan, Fischhoff, Posner, & Pew, 1983)
 - ◇ オペレータと自動化システムに, サブシステムを割り当てる
 - 経験と共に課題分担方略が形成 (Moray et al., 1994)
- プロセス制御のエラー
 - 特に, 課題分担のエラーは深刻
 - ◇ 自動から手動への切り替えミスによる飛行機事故 (Sparaco, 1994; Poduval, 1989)
- 課題分担に関する先行研究 (e.g., Lee & Moray, 1992, 1994; Muir & Moray, 1996)
 - 課題分担の決定要因
 - ◇ 自動化システムへの信用
 - ◇ 手動操作への自信
 - 自信よりも信頼が上回れば, 自動化システムを使用
 - 信用よりも自陣が上回れば, 手動操作を使用
- 人間同士の課題分担
 - 人間と自動化システムの課題分担と比較して, 分担の決定要因が明らかではない
- 研究の目的
 - 信用と自信の変動
 - ◇ 人間と自動化システムの課題分担, 人間同士の課題分担で比較

A Framework for Differentiation

- Figure 1
 - 暫定フレームワーク
- Automation (人間と自動化システムの課題分担)
 - エラーが発生して, 自動化システム, 手動操作のパフォーマンスが低下
 - 自動化システムのパフォーマンスは信用に影響
 - 手動操作のパフォーマンスは自信に影響
 - 信用と自信の差分によって, 自動化システム使用が決定

- **Human** (人間同士の課題分担)
 - **Automation** と同様のモデルを仮定することができる
- **Automation** と **Human** の相違点
 - **Automation**
 - ◇ 人間が最終責任を負う
 - **Human**
 - ◇ 責任を共有
 - 傍観者効果 (Darley & Latane, 1968)
 - 集団意思決定 (Whyte, 1991)
 - 他人の存在により, 行動の個人的責任が減少
- 予測
 - 責任が拡散している場合, 手動操作のエラーが生じても, 自信への影響は小さいのでは?
 - ◇ 実験 1 で検討

Experiment 1

Method

プロセス制御シミュレーション

- **低温殺菌シミュレーション (Figure 2)**
 - 先行研究 (Muir, 1989; Lee & Moray, 1992; Muir & Moray, 1996) で使用
 - ジュースの原料を低温殺菌して, クーラーに流し込む
- **サブシステム**
 - 原料ポンプ (Input pump) - ジュースの量を調整
 - 蒸気ボイラー (Steam boiler) - 蒸気の温度を調整
 - 蒸気ポンプ (Steam pump) - 蒸気の量を調整
 - ◇ 原料ポンプと蒸気ボイラーで, 手動/補助の切り替えが可能
 - ◇ 手動の場合, マウスを使用して, スライダーを動かす
- **ルール**
 - 蒸気の温度が低すぎる場合, ジュースは「Main vat」へ戻る
 - 蒸気の温度が高すぎる場合, ジュースは「Waste vat」へ破棄
 - 十分に殺菌された場合のみ, 「Cooler」へ
- **エラー**
 - 原料ポンプでのみ発生
 - ◇ 手動
 - ジュースの量が最大 40%増加, 減少
 - 補助に切り替え → エラー回避

- ◇ 補助
 - ジュースの量が最大 60%増加, 減少
 - 手動に切り替え → エラー回避
- 増減率の違い
 - ◇ パイロットテスト
 - 同じ増減率では, 手動よりも補助のエラーが気づかれにくい
 - 40%と 60%で, 同程度にエラーが検出された

参加者

- 大学生 16 名, 5 ドルの報酬
- 31 試行 (各 3~5 分) を 2 日に分けて実施

要因計画

- 補助タイプ要因 (参加者間)
 - 自動化システム
 - 人間
 - ◇ 教示により操作
 - ◇ 実際には, 自動化システムが課題を行う
- エラー順序要因 (参加者間)
 - 手動のエラー → 補助のエラー
 - 補助のエラー → 手動のエラー
 - ◇ Secondary interest

Procedure

- 一名ずつ実験を実施
 - 補助タイプ: 自動化システム - 自動化システムの説明
 - 補助タイプ: 人間 - 実験者のサクラ 2 名を紹介, 一日目のみ実験に同席
- 一日目
 - 10 試行 (各 3 分) の練習: 基本操作の練習
 - 6 試行 (各 5 分) の練習: 切り替え自由
 - ◇ エラーは生じない
- 二日目
 - 5 試行の練習: 切り替え自由
 - ◇ エラーは生じない
 - 5 試行 (各 5 分), 2 ブロックの本課題: 切り替え自由
 - ◇ 各試行でエラーが発生

- ◇ ブロックごとにエラータイプが異なる
- ◇ エラーの順序は各参加者の条件に従う

主観評定

- 各試行の後に主観評定
 - 原料ポンプと蒸気ボイラーのそれぞれに関して，信用と自信の 10 段階評定

Result and Discussion

- 補助タイプの比較に焦点を当てる
 - 課題のパフォーマンス
 - 課題分担方略
 - 主観評定
- 全 31 試行を 3 フェーズに分割
 - 練習試行 (Pre-fault) – 一日目の最初 10 試行は除外
 - 手動エラー試行 (Manual faults)
 - 補助エラー試行 (Auxiliary faults)

課題パフォーマンス

- Table 1
 - 課題パフォーマンス (Plant efficiency)
 - ◇ エラー試行よりも，練習試行でパフォーマンスは高い

課題分担方略

- 補助使用時間 / 課題全体の時間 = 補助使用率
- 3 つの方略を定義
 - 手動方略：補助使用率が 15%以下
 - 補助方略：補助使用率が 85%以上
 - ミックス方略：補助使用率が 15～85%の間
- Table 2
 - 各フェーズの原料ポンプにおける分担方略
 - ◇ 練習試行
 - 両補助タイプで，ミックス方略使用
 - 手動方略には偏らなかった
 - Lee & Moray (1992, 1994)とは異なる結果
 - ◇ 手動エラー試行
 - 両補助タイプで，補助方略使用

- ◇ 補助エラー試行
 - 両補助タイプで、手動方略使用
- 補助タイプの比較
 - 補助が自動化システムの場合、人間よりも、手動/補助使用の偏りが極端
 - ◇ 人数が少ないため、統計的な差はみられず

信用と自信

- Table 1
 - 各フェーズの原料ポンプにおける信用と自信の主観評定
 - ◇ 手動エラー試行
 - 両補助タイプで、信用が自信を上回った
 - ◇ 補助エラー試行
 - 両補助タイプで、自信が信用を上回った
 - 信用と自信の各評定について 2(補助タイプ)×3(フェーズ)の分散分析
 - 信用
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 28)=33.21, MSE=2.90, p=.001$)
 - 補助エラー試行 < 練習試行 ($F(1, 28)=10.82, p=.003$)
 - 補助エラー試行 < 手動エラー試行 ($F(1, 28)=8.88, p=.006$)
 - 自信
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 28)=11.40, MSE=1.41, p=.001$)
 - 手動エラー試行 < 練習試行 ($F(1, 28)=4.33, p=.047$)
 - 手動エラー試行 < 補助エラー試行 ($F(1, 28)=6.65, p=.015$)
 - ◇ 補助タイプとフェーズの交互作用あり ($F(2, 28)=4.45, MSE=1.41, p=.021$)
 - 補助が自動化システムの場合、エラータイプの影響が大きい
 - 考察
 - 信用と自信の変化は、Lee & Moray (1994)での変化と同様のパターン
 - 補助が自動化システムの場合、人間よりも、自信の変動が大きい
 - ◇ 予測通り

主観評定と補助使用

- Figure 3
 - 原料ポンプにおける T-SC (信用評定と自信評定との差分)と補助使用率
 - ◇ 補助タイプ：自動化システム(上)、人間(下)
 - ◇ 手動エラー試行：22-26 試行
 - ◇ 補助エラー試行：27-31 試行
 - 実際の実験では、参加者の半数は逆の順序で課題を行った

- 補助タイプの比較
 - 各参加者の T-SC と補助使用率の相関係数を算出
 - フィッシャーの z 変換をして、 t 検定を実施
 - 補助タイプ：人間($M=4.8$) < 自動化システム($M=7.8$) ($t(14)=2.17, p=.048$)
- 考察
 - 補助が自動化システムの場合、人間よりも、T-SC と補助使用率が一致
 - 補助が人間の場合、信用と自信以外に、補助使用の決定要因がある可能性

蒸気ボイラーの評定

- 蒸気ボイラーでエラーは生じない
 - 各サブシステムを識別できれば、蒸気ボイラーでの信用、自信は変化しないはず
- Table 3
 - 各フェーズの蒸気ボイラーにおける信用と自信の主観評定
- 信用と自信の各評定について 2(補助タイプ)×3(フェーズ)の分散分析
 - 信用
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 28)=4.38, MSE=2.53, p=.022$)
 - 補助エラー試行 < 練習試行 ($F(1, 28)=4.18, p=.05$)
 - 自信
 - ◇ 有意差なし
- 考察
 - 原料ポンプのエラーが、蒸気ボイラーにおける信用に影響
 - ◇ 2つのサブシステムにおけるパフォーマンスは、完全には識別されていない

主観評定と補助使用

- Table 4
 - 各参加者の T-SC と補助使用率の相関係数を算出
 - 各補助タイプの各サブシステムにおける相関係数の平均値
- 補助タイプの比較
 - 2(補助タイプ)×2(補助使用したサブシステム)×2(主観評定したサブシステム)
 - ◇ 2つのサブシステム要因の交互作用あり ($F(1, 14)=37.07, MSE=.13, p<.001$)
 - 同じサブシステムの相関は高い
 - サブシステムが異なると相関が低い
 - ◇ 2次の交互作用あり ($F(1, 14)=4.71, MSE=.13, p=.048$)
 - 補助が人間の場合、自動化システムよりも、同じサブシステムの相関が低い

Summary of Result

- 信用と自信と補助使用の関連がみられた
 - Lee & Moray (1994) と同様の結果
- 補助が人間の場合、手動、補助のエラーによる自信の変化が小さい
 - 他人との協調では、自分自身の責任は小さいと認識された可能性
- 補助が人間の場合、補助使用率と T-SC との相関が低い
 - 信用と自信以外に、補助使用の決定要因があると考えられる
 - ◇ 実験 2 で検討

Experiment 2

- 先行研究がない
- 今回は **Trustworthiness** に焦点を当てる
 - **Trustworthiness** : 他者が自分に持つ信頼性の認識
 - どの程度自分が信頼されていると認識しているか
 - ◇ 課題分担方略が異なるだろう
 - 自分への信頼性が低いと判断すれば、課題を引き渡す
 - 実験 2 では、信用、自信、自分への信頼性の認識について評定を行う
- リスクの影響
 - リスク : 課題エラーの起こりやすさ
 - Riley (1996)
 - ◇ リスクが増加すれば、自動化システムのエラー直後に、自動化システムは使用されなくなる
 - 相手が人間でも同様の結果が得られるか検討

Method

参加者

- 大学生 24 名, 20 ドルの報酬
- 62 試行を 3 日に分けて実施

要因計画

- 補助タイプ要因 (参加者間)
- エラー順序要因 (参加者間)
 - 実験 1 と同様
 - ◇ 実験 1 のエラー : 連続的に原料ポンプのジュースの量が増減
 - ◇ 実験 2 のエラー : 突発的に増減
- スピード (参加者内)

- 速い (遅い場合よりも, ジュースの流れる速度が 50%増) = リスク高
- 遅い

Procedure

- 一日目
 - 20 試行の練習：基本操作の練習
- 二日目
 - 10 試行の練習：切り替え自由
 - ◇ エラーは生じない
 - 5 試行, 2 ブロックの本課題：切り替え自由
 - ◇ 各試行でエラーが発生
 - ◇ ブロックごとにエラータイプが異なる
- 三日目
 - ジュースの流れる速度が二日目よりも 50%増 (スピード：速い)
 - 2 試行の練習
 - 10 試行の練習：切り替え自由
 - ◇ エラーは生じない
 - 5 試行, 2 ブロックの本課題：切り替え自由
 - ◇ 各試行でエラーが発生
 - ◇ ブロックごとにエラータイプが異なる

Results and Discussion

- 全 62 試行を 3 フェーズに分割
 - 練習試行 (Pre-fault) - 一日目, 三日目の最初 2 試行は除外
 - 手動エラー試行 (Manual faults)
 - 補助エラー試行 (Auxiliary faults)

課題パフォーマンス

- Table 5
 - 課題パフォーマンス
 - ◇ エラー試行よりも, 練習試行でパフォーマンスは高い
 - ◇ スピードが速い場合と遅い場合で, 補助エラー試行のパフォーマンスの変化は比較的大きい

課題分担方略

- 実験 1 と同様：手動方略, 補助方略, ミックス方略

- Table 6

- 各フェーズの原料ポンプにおける分担方略
 - ◇ 手動エラー試行
 - 両補助タイプで、補助方略使用
 - ◇ 補助エラー試行
 - 両補助タイプで、手動方略使用
 - スピードが速い場合にこの傾向がみられた
- スピードが速い場合、エラーを起こした操作は継続して使用されない傾向
 - ◇ Riley (1996)と同様の結果
- 補助が人間でも同様の傾向

信用と自信

- Table 7

- 各フェーズの原料ポンプにおける信用、自信の主観評定
 - ◇ 手動エラー試行
 - 両補助タイプで、信用が自信を上回った
 - ◇ 補助エラー試行
 - 両補助タイプで、自信が信用を上回った
- 信用と自信の各評定について 2(補助タイプ)×2(スピード)×3(フェーズ)の分散分析
 - 信用
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 44)=23.82, MSE=3.82, p<.001$)
 - 補助エラー ($M=3.68$) < 手動エラー ($M=6.17$) ≒ 練習 ($M=5.93$)
 - 自信
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 44)=13.02, MSE=.91, p<.001$)
 - 手動エラー ($M=5.17$) < 補助エラー ($M=7.29$) ≒ 練習 ($M=7.36$)
- 考察
 - 信用と自信の変化は、Lee & Moray (1994)での変化と同様のパターン
 - 実験 1：補助が自動化システムの場合、人間よりも、自信の変動が大きい
 - ◇ 実験 2 では異なる結果
 - 実験 1 のエラー：連続的にジュースの量が変化
 - 実験 2 のエラー：突発的にジュースの量が変化
 - 実験 1 よりも 2 で、手動操作のエラーが明確であった可能性

主観評定と補助使用

- Figure 4

- 原料ポンプにおける T-SC と補助使用率

◇ 補助タイプ：自動化システム(上), 人間(下)

- 補助タイプの比較
 - 各参加者の T-SC と補助使用率の相関係数を算出
 - フィッシャーの z 変換をして, t 検定を実施
 - 補助タイプ：人間(.46) < 自動化システム(.64) ($t(22)=1.71, p=.10$)
- 考察
 - 補助が自動化システムの場合, 人間よりも, T-SC と補助使用率が一致
 - ◇ 実験 1 と同様の結果

自分への信頼性の認識

- Table 7
 - 原料ポンプにおける自分への信頼性の評定
- 2(補助タイプ)×2(スピード)×3(フェーズ)の分散分析
 - フェーズの主効果あり ($F(2, 44)=7.08, MSE=3.36, p=.002$)
 - ◇ 手動エラー ($M=4.93$) < 練習 ($M=5.50$) ≒ 補助エラー ($M=6.33$)
 - 自分への信頼性は, エラータイプによって変化
 - スピードの主効果あり ($F(1, 22)=3.28, MSE=1.05, p=.084$)
 - 補助タイプとフェーズの交互作用あり ($F(2, 44)=2.84, MSE=3.36, p=.069$)
 - ◇ 補助が人間の場合, 自動化システムよりも, 自分への信頼性の変化が大きい
- Figure 5
 - 原料ポンプにおける自分への信頼性と補助使用率
- 補助タイプの比較
 - 各参加者の自分への信頼性と補助使用率の相関係数を算出
 - フィッシャーの z 変換をして, t 検定を実施
 - 補助タイプ：人間 ($M=-.45$) < 自動化システム ($M=-.10$) ($t(20)=1.78, p=.09$)
 - ◇ 相関係数の平均値と 0 を比較
 - 人間 ($t(7)=7.26, p<.001$)
 - 自動化システム ($t(13)=1.00$)
 - 補助が自動化システムの場合, 自分への信頼性は, 補助使用率を予測する因子にはならない
- 考察
 - 補助タイプが人間の場合
 - ◇ 自分への信頼性が低下すれば, 相手に課題を任せ
 - ◇ 自分への信頼性が上昇すれば, 自分で課題を行う
 - 補助タイプが自動化システムの場合, 自分への信頼性は, 補助使用率に影響しない

蒸気ボイラーの評定

- 蒸気ボイラーでエラーは生じない
 - 各サブシステムを識別できれば、蒸気ボイラーでの信用、自信は変化しないはず
- Table 8
 - 各フェーズの蒸気ボイラーにおける信用と自信の主観評定
- 信用と自信の各評定について 2(補助タイプ)×2(スピード)×3(フェーズ)の分散分析
 - 信用
 - ◇ スピードの主効果あり ($F(1, 22)=8.01, MSE=2.93, p=.01$)
 - 遅い ($M=6.36$) < 速い ($M=7.17$)
 - 自信
 - ◇ スピードの主効果あり ($F(1, 22)=10.02, MSE=1.28, p=.0045$)
 - 遅い ($M=6.47$) < 速い ($M=7.07$)
 - ◇ 補助タイプの主効果あり ($F(1, 22)=4.39, MSE=10.76, p=.048$)
 - 人間 ($M=7.45$) > 自動化システム ($M=6.28$)
 - ◇ フェーズの主効果あり ($F(2, 44)=10.96, MSE=3.90, p<.001$)
 - 手動エラー ($M=5.68$) < 補助エラー ($M=7.37$) ≒ 練習 ($M=7.27$)
- 考察
 - 信用、自信でスピードの主効果
 - ◇ 二日目に遅いスピード、三日目に速いスピード
 - 三日目までに、一定の信用、自信が築かれていた
 - 自信でフェーズの主効果
 - ◇ 原料ポンプのエラーが、蒸気ボイラーにおける自信に影響
 - 2つのサブシステムにおけるパフォーマンスは、完全には識別されていない
 - 実験 1 では信用に影響

主観評定と補助使用

- Table 9
 - 各参加者の T-SC と補助使用率の相関係数を算出
 - 各補助タイプの各サブシステムにおける相関係数の平均値
 - ◇ 実験 1 と同様に、原料ポンプに関して相関は高い
 - 実験 2 では、蒸気ボイラーに関して相関は低い
 - 説明がつかない
- 補助タイプの比較
 - 2(補助タイプ)×2(補助使用したサブシステム)×2(主観評定したサブシステム)
 - ◇ 補助タイプの主効果 ($F(1, 22)=4.42, MSE=.13, p=.047$)
 - 人間 ($M=.15$) < 自動化システム ($M=.28$)

- ◇ 補助使用したサブシステム要因の主効果あり ($F(1, 22)=20.06, MSE=.17, p<.001$)
- ◇ 主観評定したサブシステム要因の主効果あり ($F(1, 22)=25.05, MSE=.15, p<.001$)
- ◇ 2つのサブシステム要因の交互作用あり ($F(1, 22)=5.79, MSE=.04, p=.025$)
- ◇ 2次の交互作用あり ($F(1, 22)=4.46, MSE=.04, p=.046$)

- 考察

- 補助が人間の場合、自動化システムよりも、同じサブシステムの相関が低い
 - ◇ 実験 1 と同様の結果

General Discussion

- 実験結果のまとめ

- 補助が自動化システムの場合、人間よりも、信用や自信の変化が大きい
- 信用と自信の差分は、自動化システムへの依存度の予測因子である
- 参加者は、2つのサブシステムが独立していることをある程度識別できるようになった

- 人間と自動化システム、人間と人間の課題分担

- 信用と自信の差分は、他者への依存度を明確には予測できない
 - ◇ 他者が持つ自分への信頼性の認識を考慮

- Figure 6

- フレームワークの修正版
- **Automation** (人間と自動化システムの課題分担)
 - ◇ 信用と自信が、自動化システムへの依存に影響
 - ◇ 自分への信頼性の認識は、自動化システムへの依存には影響しない
- **Human** (人間同士の課題分担)
 - ◇ 信用と自信が、他者への依存に影響
 - 自動化システムほど影響しない
 - ◇ 自分への信頼性の認識が、他者への依存に影響

Conclusions

- デザイナーへの提案

- 人間と自動化システム、人間と人間のインタラクションの共通点、相違点の理解が必要
- 他者が持つ自分への信頼性の認識について理解する必要がある

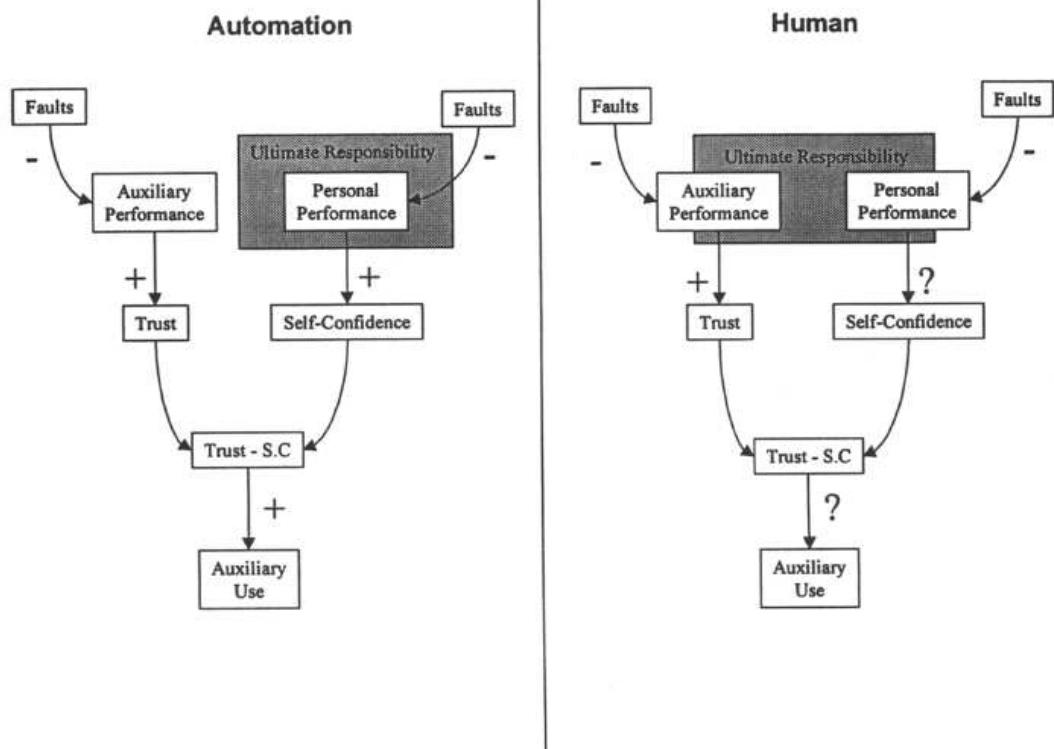


Figure 1. Tentative framework to differentiate between the known dynamics of trust in situations involving automation and those expected for situations in which humans collaborate. The critical difference between the two situations is the extent to which responsibility is shared between operators. (See text for further explanation.) S.C = self-confidence.

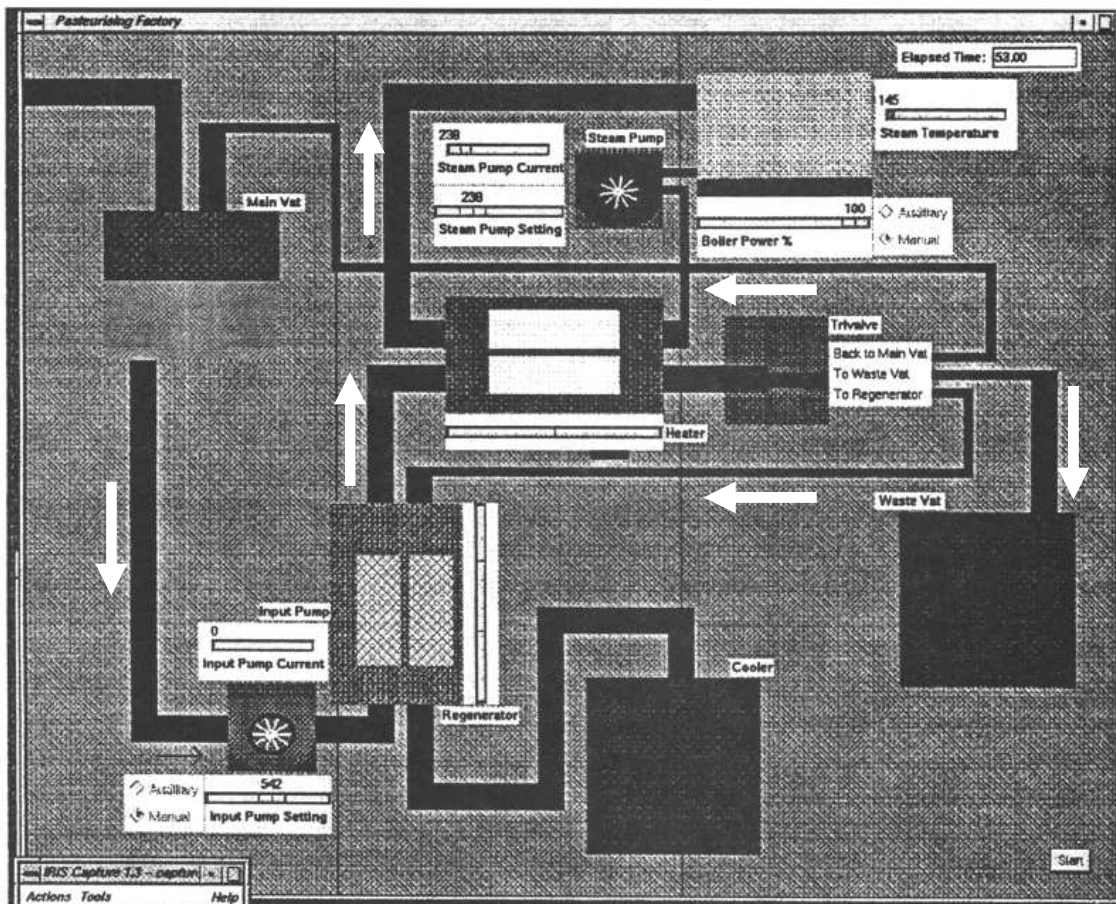


Figure 2. Screen snapshot of the PASTEURIZER simulation that was used in both experiments.

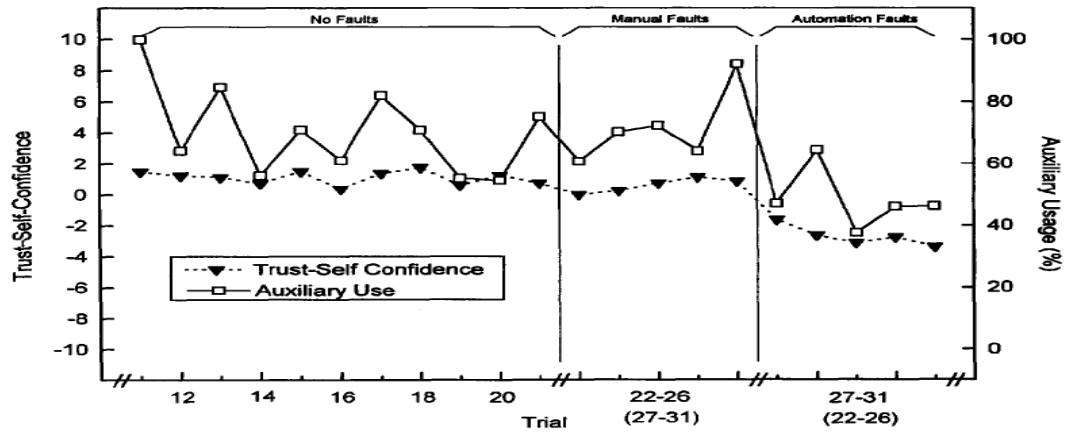
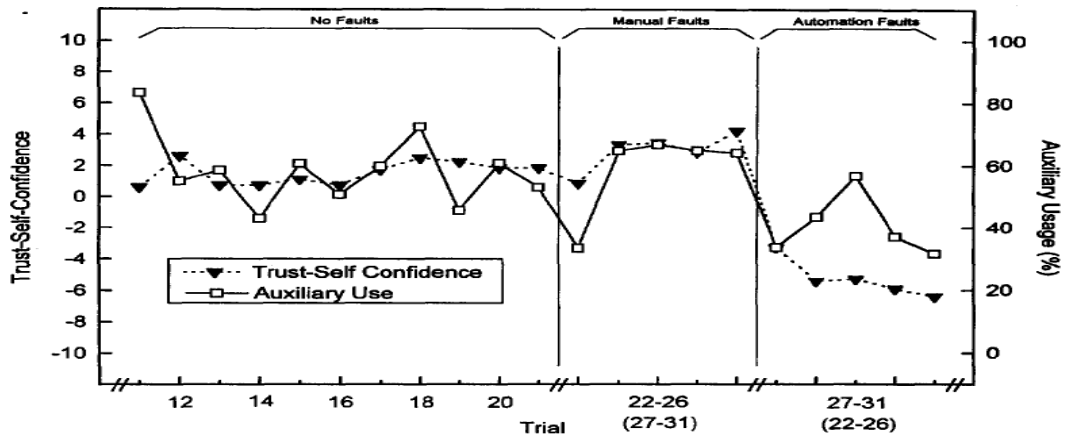


Figure 3. Mean trust minus self-confidence (T - SC) ratings and auxiliary use for the input pump across trials in Experiment 1 for the automation (top panel) and the human (bottom panel) conditions.

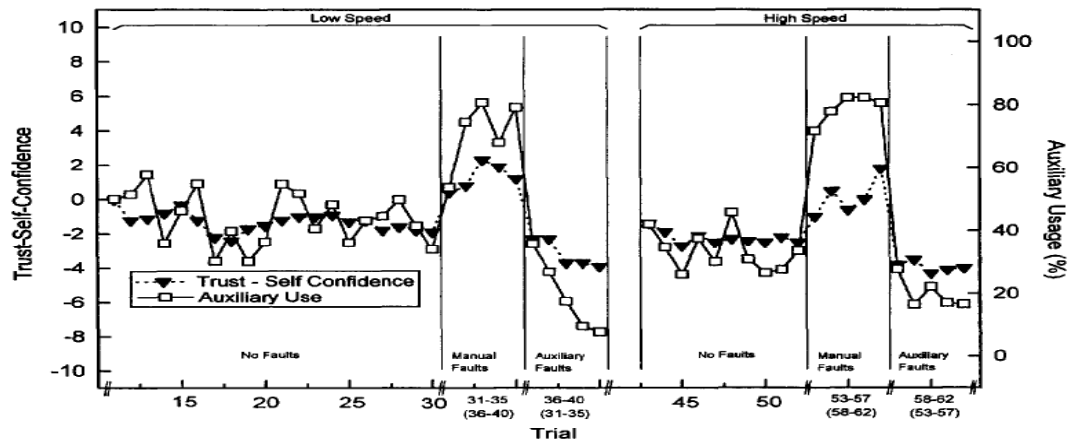
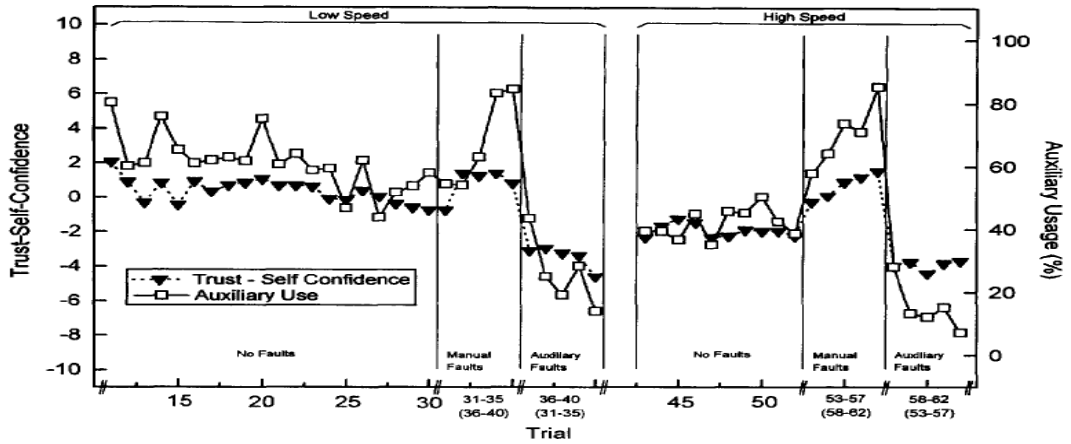


Figure 4. Mean trust minus self-confidence (T - SC) ratings and auxiliary use for the input pump across trials in Experiment 2 for the automation (top panel) and the human (bottom panel) conditions. Manual faults (Trials 31-35 and 53-57) are plotted as preceding auxiliary faults (Trials 36-40 and 58-62) in all figures for Experiment 2; however, it should be noted that for half the participants, the two types of faults were experienced in the reverse order. Practice trials (1-10) and warm-up trials (41 & 42) are omitted from all figures for this experiment.

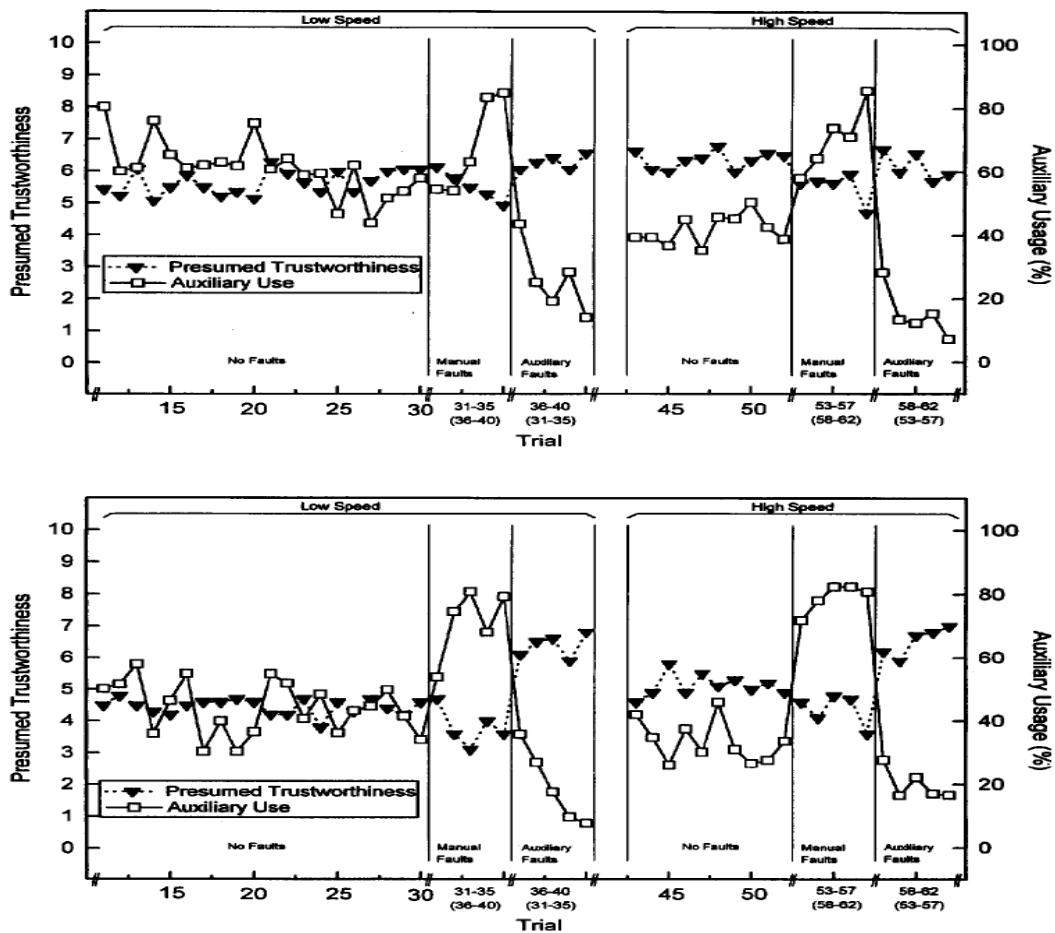


Figure 5. Mean ratings of the participant's own presumed trustworthiness and auxiliary use for the input pump in Experiment 2 for the automation (top panel) and human (bottom panel) conditions.

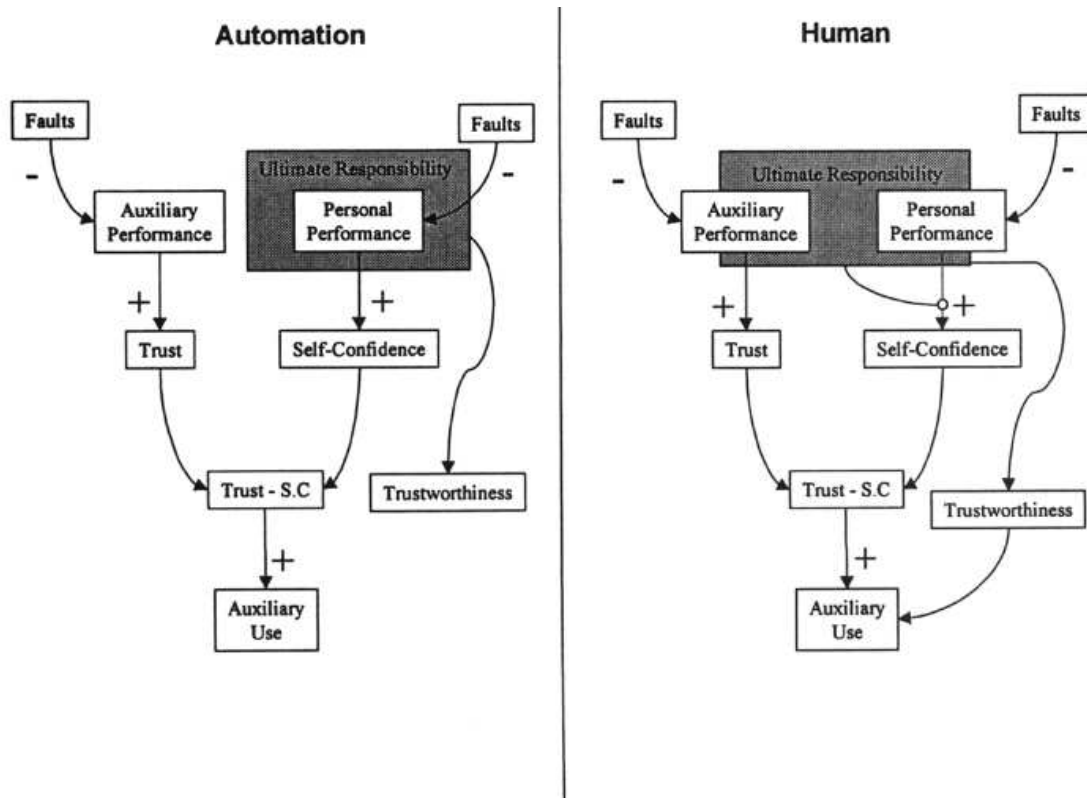


Figure 6. Revised framework to differentiate between the known dynamics of trust in situations involving automation and humans. The figure summarizes all known relationships among key variables, including those involving presumed trustworthiness discovered in the present set of studies. (See text for further explanation.) S.C = self-confidence.

Table 1
Means and Standard Errors of Plant Efficiency and Input Pump, Self-Confidence Ratings, and Trust Ratings in Experiment 1

Trial phase	Auxiliary type				M ^a
	Automation		Human		
	M	SE	M	SE	
Plant efficiency (%)					
Pre-fault	88.31	3.21	88.19	2.94	88.25
Manual faults	86.69	3.31	76.97	5.60	81.83
Auxiliary faults	80.31	5.62	70.52	9.19	75.42
Trust					
Pre-fault	8.00	0.37	7.72	0.41	7.91
Manual faults	7.60	0.67	6.48	0.39	7.04
Auxiliary faults	2.63	0.73	3.90	0.80	3.27
Self-confidence					
Pre-fault	6.47	0.36	6.60	0.24	6.54
Manual faults	4.63	0.45	5.88	0.36	5.26
Auxiliary faults	7.85	0.55	6.60	0.48	7.23

^a Unweighted means.

Table 3
Means and Standard Errors for Steam Boiler Trust and Self-Confidence Ratings in Experiment 1

Trial phase	Auxiliary type				M	SE
	Automation		Human			
	M	SE	M	SE		
Trust						
Pre-fault	8.17	.36	7.77	.47	7.97	.29
Manual faults	7.58	.69	6.90	.44	7.24	.40
Auxiliary faults	6.78	.78	5.85	.83	6.31	.57
Self-confidence						
Pre-fault	6.87	.43	6.67	.32	6.77	.26
Manual faults	6.58	.60	6.25	.30	6.41	.33
Auxiliary faults	6.95	.48	6.20	.54	6.58	.36

Table 5
Mean Plant Efficiency and Standard Errors in the Automation and Human Conditions in Experiment 2

Trial phase	Auxiliary type				M ^a
	Automation		Human		
	M	SE	M	SE	
Low speed					
Pre-fault	84.17	2.06	79.65	3.50	81.91
Manual faults	74.09	5.16	74.09	4.57	74.09
Auxiliary faults	66.08	4.60	70.05	5.59	68.07
High speed					
Pre-fault	85.96	1.73	77.68	3.16	81.82
Manual faults	70.02	4.95	79.20	1.68	74.61
Auxiliary faults	75.95	3.56	77.03	3.83	76.49

^a Unweighted means.

Table 2
Allocation Strategies of Operators in Experiment 1 (No. of Participants Who Chose the Particular Control Strategy)

Trial phase	Input pump control strategy					
	Automation			Human		
	Manual	Mixed	Auxiliary	Manual	Mixed	Auxiliary
Pre-fault	0	6	2	0	6	2
Manual faults	0	2	6	1	5	2
Auxiliary faults	6	2	0	5	3	0

Note. Boldface indicates the modal strategy.

Table 4
Mean Correlations and Standard Errors Between Subjective Ratings of Trust Minus Self-Confidence (T - SC) and Auxiliary Use of Two Subsystems in Experiment 1

Subsystem	Auxiliary type							
	Automation				Human			
	Input pump		Steam boiler		Input pump		Steam boiler	
	M	SE	M	SE	M	SE	M	SE
Input pump	.77 ^a	.034	.27	.117	.48 ^a	.135	.22	.130
Steam boiler	.18	.144	.62 ^a	.091	.21	.085	.46 ^a	.089

^a Average correlation differs significantly from zero (using Bonferroni adjustment for .05 overall alpha).

Table 6
Allocation Strategies in Experiment 2 (No. of Participants Who Chose the Particular Control Strategy)

Trial phase	Input pump control strategy					
	Automation			Human		
	Manual	Mixed	Auxiliary	Manual	Mixed	Auxiliary
Low speed						
Pre-fault	0	11	3	0	9	1
Manual faults	2	8	4	0	5	5
Auxiliary faults	5	9	0	4	6	0
High speed						
Pre-fault	2	10	2	3	6	1
Manual faults	1	5	8	1	2	7
Auxiliary faults	9	5	0	6	3	1

Note. Boldface indicates the modal strategy.

Table 7
Means and Standard Errors for Self-Confidence, Trust, and Presumed Trustworthiness Ratings in the Automation and Human Conditions in Experiment 2

Trial phase	Auxiliary type				<i>M</i> ^a
	Automation		Human		
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	
Trust					
Low speed					
Pre-fault	6.99	.48	6.33	.73	6.66
Manual faults	5.57	.55	7.06	.74	6.32
Auxiliary faults	3.09	.53	4.64	.82	3.87
High speed					
Pre-fault	5.60	.65	5.67	.89	5.64
Manual faults	5.37	.81	6.10	.65	5.74
Auxiliary faults	3.16	.59	4.26	.72	3.71
Self-confidence					
Low speed					
Pre-fault	6.61	.54	7.63	.51	7.12
Manual faults	4.71	.68	5.74	.98	5.23
Auxiliary faults	6.51	.42	7.82	.54	7.17
High speed					
Pre-fault	7.50	.47	7.92	.61	7.71
Manual faults	4.64	.63	5.96	.86	5.30
Auxiliary faults	7.04	.40	8.20	.56	7.62
Presumed trustworthiness					
Low speed					
Pre-fault	5.64	.76	4.45	.58	5.05
Manual faults	5.53	.67	3.80	.68	4.67
Auxiliary faults	6.29	.36	6.38	.51	6.34
High speed					
Pre-fault	6.37	.59	5.12	.79	5.75
Manual faults	5.53	.67	4.36	.56	4.95
Auxiliary faults	6.18	.58	6.52	.61	6.35

^a Unweighted means.

Table 8
Means and Standard Errors for Steam Boiler Trust and Self-Confidence Ratings in Experiment 2

Trial phase	Auxiliary type				<i>M</i> ^a
	Automation		Human		
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	
Trust					
Low speed					
Pre-fault	6.16	.40	7.11	.69	6.64
Manual faults	5.50	.49	7.52	.79	6.51
Auxiliary faults	5.53	.62	7.12	.83	6.33
High speed					
Pre-fault	7.06	.69	7.78	.68	7.42
Manual faults	6.40	.65	7.72	.71	7.06
Auxiliary faults	6.87	.68	7.66	.73	7.27
Self-confidence					
Low speed					
Pre-fault	6.57	.44	7.69	.42	7.13
Manual faults	4.99	.62	6.26	.91	5.63
Auxiliary faults	6.10	.36	7.94	.51	7.02
High speed					
Pre-fault	7.34	.39	8.19	.52	7.77
Manual faults	5.46	.67	6.40	.73	5.93
Auxiliary faults	7.27	.31	8.22	.56	7.75

^a Unweighted means.

Table 9
Mean Correlations and Standard Errors Between Subjective Ratings of Trust Minus Self-Confidence (T – SC) and Auxiliary Use of Two Subsystems in Experiment 2

Subsystem	Auxiliary type							
	Automation				Human			
	Input pump		Steam boiler		Input pump		Steam boiler	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Input pump	.64*	.042	.24*	.065	.46	.092	.18	.071
Steam boiler	.21	.076	.02	.106	.15	.105	-.18	.088

* Average correlation differs significantly from zero (using Bonferroni adjustment for .05 overall alpha).