

推薦コンシューマ・デバイス論文

現場作業支援ソリューションのための音声対話型AI帳票

田淵 仁浩^{1,a)} 坂口 基彦¹ 服部 浩明¹ 奥村 明俊¹

受付日 2017年9月30日, 採録日 2018年2月14日

概要: 本稿では, IoT/AI /クラウドなど ICT の進展が著しい社会でも, なお残る人手による作業の重要性を IoT 事例, 経済学, 社会政策の観点から指摘し, 作業品質・生産性を持続的に向上させる音声対話型 AI 帳票を提案する. 音声対話型 AI 帳票は, 従来の電子帳票が失いがちな紙帳票の“読み書きしやすさ”や“作業引継ぎなど運用容易性”を音声対話 (AI) で実現し, 生産性向上と作業実績収集 (IoT 化) を両立させる電子帳票である. 製造/物流/建築/流通/サービスの現場の標準作業の訓練・実践・改善に音声対話型 AI 帳票を使えるように現場作業支援ソリューションを開発し, NEC グループの工場で約 2 年間評価した. その結果, 作業員の訓練期間を 1/3 に短縮, ハンズフリー作業で生産性を約 20% 向上, 作業改善サイクルを約 40 倍高速化する効果を実証した. 本ソリューションは, 音声認識に不特定話者の耐騒音音声認識技術を採用しているため, 通常騒音の現場から工場・コールセンターなど高騒音の現場まで幅広く活用できる.

キーワード: 人工知能, IoT, Industry4.0, 音声認識, O-Ring 理論, 認知科学, エスノグラフィ, 現場改善, トヨタ生産方式

Artificial-intelligence Powered, Voice-activated Electronic Forms for a Standard Process Improvement Solution

MASAHIRO TABUHI^{1,a)} MOTOHIKO SAKAGUCHI¹ HIROAKI HATTORI¹
AKITOSHI OKUMURA¹

Received: September 30, 2017, Accepted: February 14, 2018

Abstract: This paper proposes an artificial-intelligence powered, voice-activated electronic forms for a standard process improvement solution. This technology enables workers inexperienced in IT solutions to create artificial-intelligence powered, voice-activated electronic forms (AI-forms). After workers input operating instructions, type of recognition results, and conditions for execution to Excel[®] form, they upload the form to server and get the AI-form corresponding to the original form. Also, because our IT solution adopt noise cancelling voice recognition engine, workers can use AI-forms in noisy places including a factory, call-center, and construction field. This paper reports that we have evaluated our IT solution at a production line in NEC fukushima factory since October in 2015 and have accomplished productivity increasing 20%.

Keywords: artificial intelligence, IoT, industry 4.0, voice recognition, O-ring theory, cognitive science, ethnography, Toyota production system

1. はじめに

IoT (Internet Of Things)/人工知能 (AI)/クラウドに代表される ICT (情報通信技術) が進展し, 製品やサービスが高度化した社会においても, 人手による作業 (人作業)

の品質・生産性向上は重要な課題である. 自動化が進んでも, なお人作業は残り, その重要性を増しているからである. たとえば, IoT を活用した Industry 4.0 [1] で世界をリードする Siemens でも, 製造プロセスを制御する PLC (Programmable Logic Controller) の生産ラインの自動化

¹ NEC ソリューションイノベータ株式会社
NEC Solutions Innovator, Ltd., Koto, Tokyo 136-8627, Japan

^{a)} tabuchi@az.ip.nec.com

本稿の内容は 2017 年 8 月のコンシューマ・デバイス&システム研究発表会にて報告され, 同研究会主査により情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システムへの掲載が推薦された論文である.

率は75%なので、残り25%が人作業である[2]。また、経済学的にも人作業の品質・生産性の向上は重要である。MITの経済学者David Autorは2016年末のTED[3]で、ハーバード大学の経済学者Michael Kremerが提唱したO-Ring理論[4]を用いて、組織や部品が完璧に近づくほど、その間をつなぐ人間の作業品質のわずかな差が、計画/製品/サービスの品質を決定づけると述べている。O-Ring理論の名称は、1986年スペースシャトル・チャレンジャー号の爆発原因が補助ロケットの安価なゴム製O-Ringにあり、それが数十億ドル規模の事業の失敗と7人の宇宙飛行士の死を引き起こした大惨事の教訓に由来する。Kremerは、nタスクからなる製造工程において、1タスクに1人の労働者を仮定したとき、労働者のスキル(品質)の掛け算を用いて生産関数を定義した。たとえば、あるタスクの品質が50%ならば、残りの全タスクが100%でも、製品全体の品質は50%以下になる。Autorは生産関数の考え方を計画/製品/サービスにも適用し、一連のタスクをつないだvalue chainを構成するすべてのタスク(部品や作業分担)が機能することの重要性を指摘している。身近な例でいえば、レストランで仕入れから調理まで贅を尽くした完成度の高い料理を作っても、給仕係がミスすれば台無しだし、ネット通販の当日配送サービスも宅配サービスが機能しなければクレームにつながる。裏を返すと、value chainを構成する1つのタスクの作業品質・生産性の改善は、他のタスクの改善活動の価値を高めることを意味する。また、自動化が進むSiemensでも、人による作業改善を重視している。前述のPLC製品を99.99885%の品質で年間1,200万台生産している製造工場の責任者は、「作業員がいない工場を目指すつもりはない。この工場の年間の生産性向上の40%は作業員の改善アイデアによるもので、残り60%が組立製造機など生産インフラへの投資によるもの」と述べている[2]。また、AutorはO-Ring理論とNever-Get-Enough原理[5](人はつねに現状以上の製品/サービスを求め続けるという経済原理)を引用して、自動化が進んでも人作業がO-Ringの役割を果たし続けると述べている。さらに、少子高齢化が進む日本では働き方改革実現会議において単位時間あたりの労働生産性向上を今後の重要課題に位置付けている[6]。

このように、人作業の品質・生産性向上は社会的にも経済学的にも今後も重要性を増し、作業改善を続けるための現場力[7]が重要になると考えられる。本稿では「現場」を標準作業が定義され、投入工数と成果品質が測定可能な製造/物流/建築/流通/サービスなど、単位時間あたりの労働生産性[8],[9]を測れる現場とする。作業時間や成果が個人の裁量に任されている知的生産性を測るべき現場は除外する。

現場では、作業員が作業手順を理解し、作業結果を記録し、作業フローを制御する目的で紙帳票が用いられる。た

とえば、トヨタ生産方式[10],[11],[12],[13]に代表されるIndustrial Engineering(IE)手法[14]で作業を改善する製造現場では、標準作業の作業手順を記述した紙帳票(作業手順書)どおりに作業をできるように作業員を訓練し、作業員が記録した結果や作業時間の分析に基づいて改版した作業手順書を再配布することで作業改善を繰り返す。また、作業員間で組立て作業を引き継ぐ作業フローを実現するために仕掛品に紙帳票を添付して渡すなど、作業フロー制御にも使う。このように、日常的に繰り返す作業改善や作業フロー制御には修正・配布コストが低い紙帳票による運用が適していると考えられる。また、認知科学の研究によると、人に作業を訓練し、理解させるには、紙の読み書きしやすさが電子デバイスより認知的に優れているとの報告[16],[17],[18],[19],[20]もあり、誰でも同じ品質の成果を出せるように標準作業を訓練・実践する目的でも、紙帳票による運用は効率的と考えられる。さらに、エスノグラフィ観察による知見[15]では、オフィスの定型業務に紙と手作業による仕事が存在する理由に「システム間の分断」と「システム内部の変更」をあげている。前者の例では部分的/限定的な業務を担う複数の情報システム間で業務フローをつなぐために、後者の例では1つのシステムを使った業務が取引先の多様化、法改正/社内ルールなどの変化により、業務フローの「変更」を余儀なくされたために、人が紙と手作業でつなぐ運用を採用することを示している。

このように、各種現場で紙帳票が広く使われ続けるのは、標準作業の訓練・実践に効率的で運用コストが低く、また作業フロー/業務フローの変更も容易なためである。しかし、標準作業の改善スピードの観点では課題が残る。紙のままでは作業実績の分析コストがかかりすぎるためである。

一方、電子帳票[21],[22],[23],[24]は、表計算ソフトで作成した帳票データを直接取り込める編集容易性、スマートデバイスの画面上で帳票データを入力できる直接操作性、帳票データの検索・分析の容易性に利点がある。しかし、電子帳票は、紙の読み書きしやすさや紙を使った作業フロー/業務フローの変更容易性までも失い、標準作業の訓練・実践・改善の各段階で作業効率を下げってしまう。

そこで本稿では、紙帳票を用いた作業の効率性や作業フローの変更容易性を維持しながら、従来の電子帳票の問題点を解決する音声対話型AI帳票を提案する。また、音声対話型AI帳票を実現する現場作業支援ソリューションを開発し、NECの製造現場で約2年間、実証・評価した結果も報告する。

2. 作業改善における従来の紙帳票・電子帳票による運用コストの問題点

製造現場を例に、紙帳票と従来の電子帳票を作業改善に用いるコストを比較し、作業改善サイクルの効率化に必要なICT要件を整理する。

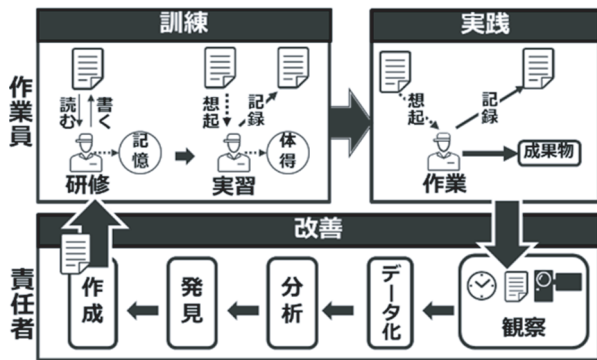


図 1 人作業の品質・生産性向上の改善サイクル (紙)

Fig. 1 Improvement cycle of quality and productivity on manual work using paper forms.

表 1 紙帳票と電子帳票の訓練・実践・改善コスト比較

Table 1 Comparison of cost of training, practice, and improvement between paper forms and electronic forms.

段階	評価項目	紙帳票	電子帳票
訓練	作業を記憶する動作	○	×
	作業を体得する動作	△	×
実践	手順を確認する動作	△	×
	結果を記録する動作	△	×
	作業状態を管理する動作	○	×
改善	観察/時間計測作業	×	×
	実績データ管理作業	×	○
	作業時間の可視化作業	×	×
	作業手順の改版作業	○	×

○:効率良い △:一部非効率 ×:非効率

2.1 作業改善の目的と基本的な考え方

製造現場における人作業の品質は「良品を作れる確率」、生産性は「単位時間で生産できる良品数」である。標準作業の訓練・実践・改善からなる作業改善サイクル (図 1) を回すのは、良品を作れる確率を高め、単位時間で生産できる良品数を増やし、製品原価を下げるためである。作業には、正味作業、付随作業、付帯作業、ムダがある。組立作業の例では、正味作業「部品のネジ締め」には「部品をとる、ネジをとる、工具をとる」などの付随作業、「部品やネジを生産ラインに運ぶ」などの付帯作業があり、部品を待つ「手待ち」がムダである。作業時間は製品原価に反映されるので、各作業に内在する動作のムダをなくし、作業効率を向上させ続けることが重要である。

2.2 訓練・実践・改善に必要な作業効率の比較

作業改善もコストがかかるので、標準作業の訓練・実践・改善に必要な作業の効率化が重要である。そこで、訓練・実践・改善に要する動作時間・コストの観点から、紙帳票と従来の電子帳票による運用をそれぞれ比較する (表 1)。

2.2.1 訓練段階の効率性の比較

訓練の効率性を、作業員が作業を記憶する動作、作業を体得する動作の効率性で比較する。

(1) 作業を記憶する動作の効率性

紙帳票による運用では、作業責任者 (以後、責任者) が作成した作業手順書の作業手順を、作業員は研修を通じて読み書き・理解し、記憶する。責任者は、作業員の理解水準を、作業員に紙に書かせることで把握できる。作業手順の理解には紙を読む方がディスプレイで読むよりも認知負荷は低いので [16], [17], [18], [19], [20], 効率的である。

電子帳票 [21], [22], [23] による運用では、訓練中にスマートデバイスの画面で作業手順を読むので、習熟期間の短縮は期待できない。紙を読みながらの訓練に比べて、認知負荷が高く作業効率が低下するからである [16], [17], [18], [19], [20]。

(2) 作業を体得する動作の効率性

紙帳票による運用では、実習で作業手順を想起する際に、紙帳票を見て確認する動作が非効率であり、作業の体得には一定の時間がかかる。電子帳票による運用ではスマートデバイスの画面を見て確認するので、(1) 同様に紙帳票よりも作業効率が低下する。

2.2.2 実践段階の効率性の比較

実践段階の効率性を、作業手順を確認する動作、作業結果を記録する動作、作業状態を管理する動作の効率性で比較する。

(1) 手順を確認する動作の効率性

紙帳票による運用では、訓練で作業手順を体得した熟練者でも、作業手順が多い、あるいは似た作業手順があると非効率になることがある。手順を思い出す動作や紙帳票を目視確認する動作があるためである。電子帳票による運用では、スマートデバイスの画面を見て手順を確認するので、2.2.1 項 (1) 同様に紙帳票より作業効率が低下する。

(2) 結果を記録する動作の効率性

紙帳票による運用では、作業中に紙帳票に作業結果を記録する動作があると、両手と目線が作業対象から離れるので非効率である。たとえば、作業結果を書く作業に「ペンをとる、書くべき項目を確認する、ペンを戻す」といった付随作業が必要であり、非効率である。

電子帳票による運用では、スマートデバイスの画面の確認は紙帳票の確認より認知的に効率が低く、また直接操作による入力は手書き入力より非効率である。音声入力ができる場合 [22], [25], [26] でも、入力項目の選択に画面タッチ・スクロール操作や目線の移動が必要なので効率は下がる。

(3) 作業状態を管理する動作の効率性

紙帳票による運用では、紙の可搬性と実在性を用いて、作業状態の管理を効率的に実現できる。

- 可搬性

仕掛中の製品 (仕掛品) を作業員間で引き継ぐ作業フローは、作業員が紙帳票をテープで仕掛品に添付して、別の作業員に引き渡す動作で運用できる。どの手順まで完了したかが分かる紙帳票と仕掛品のペアで作業状態を受け渡

せる可搬性が、作業引き継ぎフローの効率的な運用を可能にする。

- 実在性

良品を作る (= 不良を出さない) ために、作業員が何らかの不具合に気付いたら作業をただちに中断し、責任者と原因を確認し、修正するか生産ラインからはずすかを定める作業状態になる。紙帳票は、作業の中断・再開の状態も効率的に管理できる。紙帳票を机やトレイに置く動作で中断中の作業を実在化でき、再開する際には、紙帳票を取り上げる動作で作業を再開できるからである。

紙をなくすことを目的とした電子帳票による運用では、紙帳票のような可搬性、実在性がないので、作業状態を管理する効率は劣る。スマートデバイス自体を紙のように扱うことも考えられるが、紙に比べて単価が高すぎる。

2.2.3 改善段階の効率性の比較

改善段階の効率性を、作業観察および時間計測に要する作業、実績データ管理する作業、作業時間を可視化する作業、作業手順の改版する作業の効率性で比較する。

(1) 作業観察および時間計測に要する作業の効率性

紙帳票による運用では、図 1 のように標準作業の改善を目的とした作業時間分析のために、ビデオ撮影とストップウォッチ計測による観察で紙帳票に作業時間を記録し、デジタルデータ化する作業コストがかかる。一連の作業には、ビデオ撮影する人数分の時間、ストップウォッチ計測をする人数分の時間、紙帳票に記載した計測時間をデータ化する作業時間からなる膨大な作業コストがかかる。そのため、費用対効果の観点からに月 1 回程度が限界とされる。

電子帳票による運用では、観察によって得られた作業時間を電子帳票に記録すれば、即デジタルデータ化できる。しかし、観察/時間計測コストのうち、ビデオ撮影とストップウォッチ計測の作業コストの方がデジタルデータ化のコストより相対的に大きいので、紙帳票による運用と同様に費用対効果の観点からに月 1 回程度が限界と考えられる。

(2) 実績データ管理に要する作業の効率性

紙帳票による運用では、作業員が作業結果を記録した紙帳票をデジタルデータ化する作業が非効率で、紙帳票のまま保管される。そのため、大量の紙帳票の中から特定の実績データを検索・追跡する作業に大変な手間を必要とする。

電子帳票による運用では、訓練・実践段階での作業効率の低下を許容できる場合、電子帳票に作業結果を入力すればデジタルデータ化できるので、実績データ管理は効率的である。たとえば、正味作業時間よりも移動など付帯作業の時間が長いような設備点検などでは有効と考えられる。

(3) 作業時間の可視化に要する作業の効率性

紙帳票、電子帳票どちらの運用でも、作業時間の可視化は、観察/時間計測のデータが必要なため、可視化作業の効率性は (1) の作業効率に依存する。

(4) 作業手順の改版に要する作業の効率性

紙帳票による運用では、作業手順の改版は紙の配布コストで済むだけでなく、紙帳票が持つ「カスタマイズ容易性」により、効率的な運用が可能である。たとえば、作業順序を間違えないようにするには、ガイド付きの紙ホルダを用いる。また、実施条件付きの作業項目には付箋を貼るなど、作業員が間違えない工夫も容易である。

電子帳票による運用では、作業手順の改版は、スマートデバイスに帳票データを配布するコストで済むが、紙帳票による運用と比較して「カスタマイズ容易性」がなく、作業員による改善の工夫がしにくく、非効率である。

2.3 作業改善サイクルの高速化に必要な ICT 化の要件

作業改善サイクルを高速化には、標準作業の訓練・実践を紙帳票による運用と同等以下の作業効率で実現したうえで、改善段階の作業効率を高めることが ICT 化の要件になる。

2.3.1 訓練段階における要件

紙帳票による運用と同等以下の認知的な負荷で、不慣れた作業員でも標準作業の習得時間を短縮できること。

2.3.2 実践段階における要件

(1) 手順を確認する動作の効率化

作業員が手順を思い出す動作や、手順を確認する動作を必要としないこと。

(2) 結果を記録する動作の効率化

両手と視線が作業対象から離すことなく、作業結果を記録できること。

(3) 作業状態の管理する動作の効率化

作業員同士で作業を引き継ぐ際に、引き継ぐ前までの作業実績を紙の可搬性と同等以下の動作コストで受け渡せること。

帳票と作業の状態を関連づけて管理したり、作業の状態を確認したりする際に、紙の実在性と同等以下の動作コストで実現できること。

2.3.3 改善段階における要件

2.2.3 項 (1) 作業時間計測、(2) 実績データ管理、(3) 作業時間の可視化のような作業改善の準備にあたる付随作業を、作業員や責任者に代わって自動化できること。紙帳票と同等以下の作業効率で、2.2.3 項 (4) の「カスタマイズ容易性」と標準作業の改版を実現できること。

3. 音声対話型 AI 帳票の提案

2.3 節の要件を満たし、標準作業の訓練・実践・改善のサイクルを効率良く実現する音声対話型 AI 帳票を提案する。

3.1 基本概念

紙帳票による運用で作業改善を進めてきた成果により、日本能率協会の 2016 年度 Good Factory 賞 [27] を受賞し

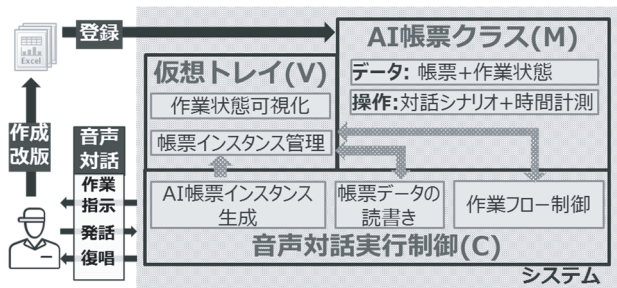


図 2 音声対話型 AI 帳票の概念モデル

Fig. 2 Conceptual model of artificial-intelligence powered, voice-activated electronic forms.

た NEC プラットフォームズ福島事業所をエスノグラフィ観察 [28] してみると、紙帳票は責任者と作業員、作業員間で情報を共有・伝達するメッセージの媒体に使われている。たとえば、責任者が作成した標準作業は作業者に徹底させたい作業指示メッセージの集まりで、訓練中に作業員が紙帳票を参照するのは、メッセージを理解し記憶するためで、作業結果をチェックシートに記録するのは標準作業を正しく実施した確証をメッセージとして責任者に返すためである。これらのメッセージを、作業者が紙帳票への読み書きや紙帳票の受け渡しで伝達していたのを、システムとの音声対話で置き換えたのが音声対話型 AI 帳票（以降、AI 帳票）である。

3.2 音声対話型 AI 帳票の概念モデル

図 2 のように AI 帳票は、作業者が正味作業をしながら可能な音声対話操作で、帳票データの読み書き、作業フロー制御といった付随作業をシステムに代行させる電子帳票である。また、利用者が Excel[®] を使って標準作業を定義するだけで、作業手順ごとの時間計測や音声対話シナリオ制御も代行する電子帳票を作成できることに特長がある。システムは AI 帳票クラス (Model)、仮想トレイ (View)、音声対話実行制御 (Controller) の MVC モデルで構成した対話型アプリケーションである。

3.2.1 AI 帳票クラス

AI 帳票クラス（以降、帳票クラス）は、標準作業の定義に対応し、利用者との音声対話で帳票データを読み書きし、作業引き継ぎや作業中断・再開などの作業フローを制御し、作業手順ごとの時間計測を実現するオブジェクト (Model) の定義である。帳票クラスは内部状態に帳票データと作業状態保持し、操作に対話シナリオ制御と時間計測を持つ。また、AI 帳票インスタンス（以降、帳票インスタンス）は標準作業の実行状態、すなわち紙帳票 1 枚に相当する。

利用者は、規定の Excel[®] フォーマットに記述した作業手順と対話シナリオを標準作業としてシステムに登録して帳票クラスを作成する。利用者が記述できる対話シナリオには、シーケンシャル制御、条件付き制御、ランダム制御の 3 つのモデルがある。対話シナリオに制御モデルを使う

ことによって、紙帳票のカスタマイズ容易性を実現できる。

(1) シーケンシャル制御

AI 帳票の基本的な制御モデルで、作業手順を順序も含めて間違いなく実施させるための制御モデルである。規定の Excel[®] フォーマットに記述された作業手順を逐次、合成音声でガイダンスし、作業員の声だし確認を音声認識して作業実績や作業時間を収集する。作業結果の発話を認識しない限り、次の作業を音声指示しないので、作業手順の読み飛ばしを未然に防止できる。

(2) 条件付き制御

AI 帳票では指定した作業手順については、あらかじめ定義した条件が成立したときのみ実施するように制御できる。たとえば、設備点検では温度が一定値以上だった場合に、追加で確認すべき点検手順の音声ガイダンスを流し、作業員に確認結果を入力するように指示できる。

(3) ランダム制御

定義したすべての作業手順について、任意の順序で入力する帳票クラスを定義できる。作業員がすべての作業手順と入力すべきデータを記憶しており、かつ、入力順序を状況に応じて変えたい場合に使える。たとえば、設備の停止後点検では、空冷ファンが止まるまで、安全に点検できる部位から点検・確認する。そのような場合には、点検項目名と結果を合わせて発話すると、順不同で点検結果を記録できる。すべての点検手順を実施すると、帳票インスタンスは作業完了状態に移行する。

3.2.2 仮想トレイ

仮想トレイは、帳票クラス、作業未完了の帳票インスタンス、作業完了した帳票インスタンスを可視化する View を利用者に提供する。仮想トレイは作業状態可視化により、登録済みの帳票クラスの帳票（クラス）名をリスト表示し、未完了作業トレイ、完了作業トレイを表示する。また、仮想トレイは、帳票インスタンス管理により、帳票インスタンスごとに「現在のトレイ」を管理しており、作業を中断すると未完了作業トレイに、作業完了すると完了作業トレイに「現在のトレイ」を変更する。作業再開時に音声発話かタッチ操作で未完了作業トレイの帳票インスタンスを指定すると、作業状態を作業中に変更し、再開させる。また、帳票インスタンス管理は、帳票インスタンスと人やモノとの組合せも管理しているので、人への受け渡しやモノへの添付も、組合せ変更操作で実現する。

3.2.3 音声対話実行制御

音声対話実行制御は、音声対話で、AI 帳票インスタンス生成、帳票インスタンスが保持する帳票データの読み書き、作業引き継ぎや作業中断・再開などの作業フロー制御を実現する Controller である。音声対話実行制御は、利用者による帳票クラス名の発話で帳票インスタンスを生成し、生成された帳票インスタンスを実行状態にする。実行状態となった帳票インスタンスは帳票クラス定義に基づいて、作

業手順の合成音声制御、音声認識による作業結果の自動記録、認識結果の復唱、作業時間計測を実行する。また、「中断」「再開」などの制御語の発話で作業フローを制御し、帳票インスタンスを仮想トレイに出し入れする。

3.3 音声対話型 AI 帳票による作業改善サイクルの効率化

AI 帳票では人作業の品質・生産性向上の訓練・実践・改善サイクルを高速に回せるようになる (図 3)。

(1) 訓練段階での作業効率化

研修で紙帳票の作業手順の読み書きを通じて記憶に定着させた後、実習では作業員は作業手順を AI 帳票 (図 3 のスマートデバイスアイコン) の合成音声で聞きながら、作業を体得できる。認知科学の知見 [29] では、機器操作のように対象物を見ている間に操作手順を音声で指示すると操作時間を短くする効果があるので習得期間の短縮を期待できる (2.3.1 項に対応)。

(2) 実践段階での作業効率化

作業中も作業指示を AI 帳票の合成音声で聞きながら作業できるので、手順を思い出したり確認したりする動作が不要になる (2.3.2 項 (1) に対応)。また、AI 帳票が作業員の音声発話を認識して作業結果を自動記録するので、作業対象から両手と目線を離さず、次の作業に着手できる効率性がある (2.3.2 項 (2) に対応)。また、作業引き継ぎや作業中断・再開などの作業フロー制御も、制御語の発話動作でできるので、紙帳票による運用と同等以下の作業効率を期待できる (2.3.2 項 (3) に対応)。

(3) 改善段階での作業効率化

作業中に帳票インスタンスが作業員の発話を認識して自動記録する際に、作業指示の終了時刻と作業員の発話時刻も記録するので、全作業手順の作業時間を計測できる。その結果、作業改善の付随作業であるビデオ撮影やストップウォッチ計測による観察作業は不要になる。また、AI 帳票を使う全作業員の全作業手順の作業時間が作業実績としてリアルタイムに記録され、Excel[®] ファイルで出力でき

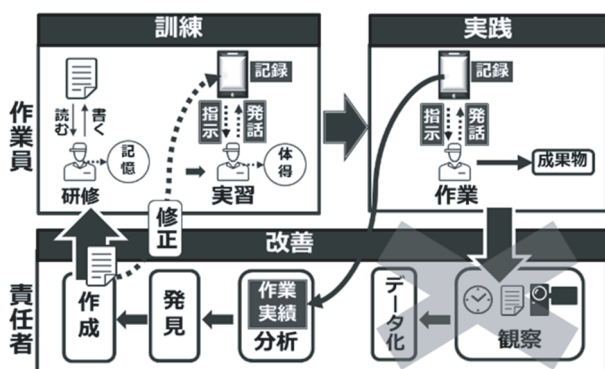


図 3 人作業の品質・生産性向上の改善サイクル (AI 帳票)

Fig. 3 Improvement cycle of quality and productivity on manual work using AI-forms.

るので、デジタルデータ化の作業も不要になる。出力したファイルを Excel[®] に読み込めば、即座に標準作業時間と作業時間の比較分析 (バラツキ分析) する可視化も容易である。標準作業の改版も Excel[®] でできるので、紙帳票による運用の改版コストと同等のコストで実現できる。

4. AI 帳票を実現する現場作業支援ソリューションの開発

4.1 基本アーキテクチャ

音声対話型 AI 帳票を実現する現場作業支援ソリューション (以後、現場作業支援 SL) を、図 4 のようなアーキテクチャで開発した。基本アーキテクチャは AI 帳票管理サーバ (以後、管理サーバ) と AI 帳票用携帯端末 (以後、AI 帳票端末) からなるクライアント・サーバ構成である。管理サーバは、作業手順と対話シナリオを表形式で記述した標準作業書ファイルから帳票クラスを中間コード形式に変換する (帳票クラスの自動生成)。利用者 (たとえば、責任者) が Excel[®] で作業手順と対話シナリオを記述した標準作業書ファイルを管理サーバにアップロードすると、管理サーバは帳票クラスを中間コード形式に変換し、保持する。生成された帳票クラスを作業員や責任者が AI 帳票端末でダウンロードすると AI 帳票端末の仮想トレイに格納される。また、作業実績は AI 帳票端末が記録・保持する。AI 携帯端末で記録済みの作業実績を管理サーバにアップロードすると、管理サーバは作業実績データベースに格納する。

基本アーキテクチャでは対話シナリオを記載した Excel[®] ファイルを人が作り、作業実績データベースのデータ分析も Excel[®] で分析することを想定している。紙帳票を用いる現場の多くが、Excel[®] に慣れ親しんでいるので、AI 帳票を用いた運用を試行しやすいと考えたためである。AI 帳票による運用が定着したならば、標準作業書ファイルに記載すべき情報 (たとえば製造番号や製造条件) を図 4 の基幹系業務システム (ERP/MES など) から取り込み、帳票クラスを生成する連携システムの構築も可能である。また、長期運用で大量に溜まった作業実績をビッグデータ分析の専用システムで分析する連携システムの構築も可能である。

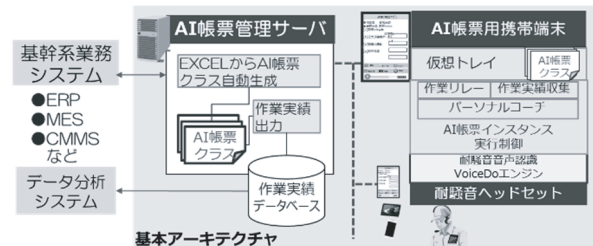


図 4 現場作業支援 SL の基本アーキテクチャ

Fig. 4 Primary architecture of a standard process improvement solution.

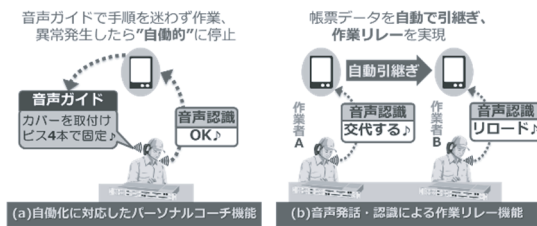


図 5 パーソナルコーチ機能と作業リレー機能

Fig. 5 Images of personal coaching function and pass-the-baton function.

4.2 AI 帳票インスタンス実行制御機能

AI 帳票端末では、利用者が帳票クラス名の発話を認識すると、AI 帳票インスタンス実行制御機能（インタプリタ）が帳票クラスを起動し、生成された帳票インスタンスを逐次解釈実行する。AI 帳票インスタンス実行制御機能を構成する主要機能に、パーソナルコーチ機能、作業リレー機能、作業実績リアルタイム収集機能がある。

(1) パーソナルコーチ機能

パーソナルコーチ機能は、標準作業の訓練・実践段階で責任者に代わり作業者を指導する役割を果たす機能である。作業者との音声対話により、作業リレー機能や作業実績リアルタイム収集機能呼び出ししながら、帳票インスタンスを実行制御する。帳票インスタンスは帳票クラスの対話シナリオに基づいて作業手順を1つずつ合成音声で指示するので、作業員は手順を迷わずに作業できる（図 5(a)）。

また、たとえば、作業員が製品組立て作業中にネジ穴に変形があったり、ビスに不具合があったりする異常に気づき、「中断する」と発話したら、パーソナルコーチ機能は帳票インスタンスの現在のトレイを未完了作業トレイに変更し、仮想トレイの表示を更新する（実在性の実現）。このように、作業員が異常に気づいたら帳票インスタンスを音声対話で止められる自動化を、パーソナルコーチ機能が帳票インスタンスを実行制御することで実現している。

(2) 作業リレー機能

作業リレー機能は、作業中に作業員間で作業引き継ぎを音声対話で実現する機能である。仮想トレイの帳票インスタンス管理を用いて、帳票インスタンスとの音声対話で紙と同等の可搬性を実現する（図 5(b)）。複数の作業員が製品を組み立てている場合、作業員の熟達度によって作業時間に差が出ることがある。作業時間差は仕掛品の滞留要因となるので、たとえば、作業員 A が作業手順 No.15 で遅れを感じ、作業員 B に引き継ぐ場合、A が「交代する」と発話し、仕掛品を B に手渡す。B が仕掛品を受け取りながら「リロード」と発話すると、A の帳票インスタンスを引き継ぎ、B は作業手順 No.16 から作業できる（可搬性の実現例）。

(3) 作業実績リアルタイム収集機能

この機能は、作業員が音声ガイダンスに従って作業し、

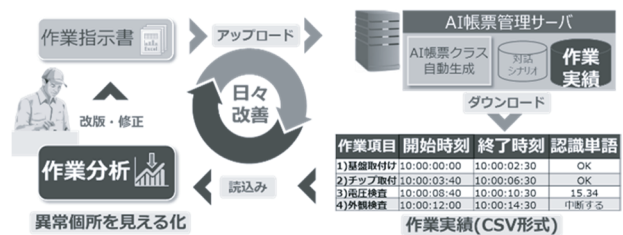


図 6 作業実績のリアルタイム収集機能と作業分析

Fig. 6 Visualization of data of actual result time for manual works.

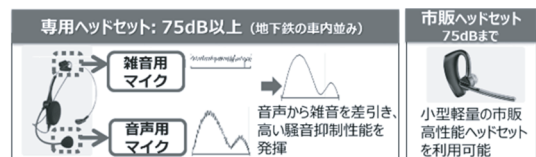


図 7 耐騒音音声認識エンジン VoiceDo とヘッドセット

Fig. 7 Speech recognition engine “VoiceDo” for noisy environment, and headset.

作業結果を発話するだけで、作業実績をリアルタイムにデジタルデータ化する IoT 機能である。本機能は、実行中の帳票インスタンスによる音声ガイダンスの終了時刻 T_e と、作業結果の音声発話の認識時刻 T_r を記録する。終了時刻 T_e は作業開始時刻、認識時刻 T_r は作業終了時刻に対応するので、本機能は図 6 のように作業結果、開始時刻、終了時刻を作業手順ごとに作業実績として収集する。作業実績を Excel[®] で読み込み、 T_e と T_r の差を自動計算すれば作業時間を計測できる。作業手順ごとの標準作業時間と作業時間とを比較し、グラフ化すれば作業時間のバラツキも可視化できる。作業実績はリアルタイムに更新できるので、作業のバラツキも常時可視化できる。

4.3 音声対話を実現する耐騒音音声認識と音声合成

紙帳票への読み書きや紙帳票の引継ぎなど運用管理を音声対話で置き換えるには、現場の騒音環境でも高精度に認識する音声認識エンジンが重要である。音声認識エンジンに、セリ市場やコールセンタなど高騒音の現場 200 カ所以上で採用実績 [30], [31] がある耐騒音音声認識 VoiceDo [32], [33] を採用し、AI 帳票のアイズフリー・ハンズフリー操作を実現した。VoiceDo 専用ヘッドセット以外に市販の高性能ヘッドセット [34] も使えるので、通常騒音から高騒音の現場まで、幅広い利用シーンで AI 帳票を利用できる（図 7）。

また、作業指示や認識結果の復唱に用いる音声合成には、Apple Inc. の iOS 端末と Android[™] 端末でそれぞれ利用可能な音声合成機能を採用している。単語やフレーズによってはイントネーションに違和感があるが、対象業務に支障がないように指示内容や認識/復唱語彙を修正するのは容易なので、作業改善の効率化に影響はないと考える。



図 8 現場作業支援 SL の UX デザイン

Fig. 8 An image of design of user experience of a standard process improvement solution.

4.4 現場ニーズをふまえた User Interface (UI) の工夫

現場作業支援 SL は、標準作業の訓練、実践、改善の各段階での利用者ニーズをふまえて UI を工夫している。

訓練・実践段階では、アイズフリー・ハンズフリー作業を実現するべく、音声対話だけで AI 帳票への入力・修正や作業の開始・中断・再開など作業フローを制御できる(図 8 ①, ②)。たとえば、作業結果の復唱を聞いて誤りに気づいた場合には、作業員は「前に戻る」と発話して間違いを修正できる。実践段階で作業に慣れれば、作業指示を短くして運用できる。また、図 8 の ①, ③ の合成音声による作業指示と復唱で用いる合成音声の再生スピードも AI 帳票端末の設定で変えられるので、作業員が習熟度に応じて変更できる(カスタマイズ容易性に相当)。さらに、慣れてくると、作業指示ガイダンスの読み上げ中でも作業員の音声発話を認識させるように AI 帳票端末の設定で変えられる。

改善段階では、4.2 節 (3) の機能を用いて現場だけで作業分析・改善ができるが(図 8 ④)、常時ネットワーク接続環境では AI 帳票による運用が定着すると、作業実績のアップロードは手間になる。そのため、AI 帳票端末では作業終了時や作業手順ごとに作業実績を自動アップロードする設定を備えている。一方、屋外やネットワーク接続が禁止されている場所では、自動アップロードは使わずに、ネットワーク接続可能な場所(事務所など)でアップロードする。

5. 実証・評価

現場作業支援 SL を NEC プラットフォームズの福島事業所で約 2 年間、実証・評価した結果を報告する。

5.1 実証実験

現場作業支援 SL を実証・評価するにあたり、福島事業所では経営環境の激変にも勝ち残れる製造現場を目指して、[I] 需要変動への対応、[II] 品質管理コストの抑制、[III] 自律的な現場改善という事業課題をかかえていた。具体的には、[I] 需要変動に応じて繁忙期には数百人単位で増加する作業員に標準作業を低コストで習熟させること、[II] 作業品質を担保する品質チェック工程の作業コストや製品ごとの作業実績の追跡コストを抑制すること、[III] 作業品質・

生産性の向上につながる作業改善を実現する仕組みの導入が重要課題であった。そこで、実証実験では [I] 不慣れな作業員の即戦力化、[II] 品質管理作業の自動化、[III] 現場改善サイクルの高速化の 3 つの観点で評価する方針とした。

(1) 予備実験

AI 帳票の生産ラインへの導入に先立ち、約 70 項目の作業手順からなる製品組立工程をモデルケースに、音声認識の評価実験を実施した。性能目標は、作業服の上腕部ペン差しからペンを取り紙帳票に書いて戻す動作に要する時間と作業手順数から、作業効率を下げない初回発話認識率 95%以上とした。認識対象の語彙は OK/NG/数値/キーワードなど紙帳票に記録する内容に加えて、「前に戻る」「中断する」「次の作業開始」など作業状態管理の制御語群を含めて評価した。空調/モーター/電動ドライバ/人の声などの音が混在した雑音の音圧レベルが 75 db 程度の生産ラインで、責任者クラス 3 名が組立工程の模擬動作を約 1 カ月間実施した。3 名が組立作業をしている作業員の後ろに立ち、動作を見ながら作業項目ごとに発話する模擬動作を製品 100 個分、毎週実施し、累計 20 万回以上の発話を評価した。

(2) 定着検証

定着検証では表 1 の訓練・実践段階の作業効率を評価し、AI 帳票による運用を生産ラインに定着できるか判断するために、組立作業工程から紙帳票を撤去し [I] 不慣れな作業員の即戦力化、[II] 品質管理作業の自動化の効果を約 3 カ月間検証した。[I] では生産ラインに加わるまで、すなわち良品を組み立てられる作業時間が目標を満たすまでの実習期間を、[II] では熟練作業員の生産性向上の効果を検証した。

(3) 作業改善での効果検証

作業改善の効果検証では、表 1 の改善段階の作業効率を評価するために、検査工程など組立作業工程以外の工程を含む全 10 工程に適用した。現場で全作業実績データを Excel[®] に取り込み、バラツキ検証から改善すべき作業を発見し、作業改善するサイクルを約 2 カ月間、実施した。

5.2 評価結果

(1) 予備実験の結果

実験の結果、初回発話認識率は目標の 95%を上回る 99.2%を達成し、AI 帳票が紙帳票と同等以上の作業効率で運用できることを確認した。

(2) 定着検証の結果

生産ラインで検証した結果、[I] 不慣れな作業員の即戦力化では訓練時の実習期間を 1/3 に削減できた(図 9)。紙帳票による運用では、新人の作業員は 3 週間の実習が必要だったが、AI 帳票では作業引き継ぎや中断・再開の動作を含む標準作業の実習を延べ 30 人が 1 週間で終了、翌日から生産ラインに加わるようになった。つまり、紙帳票に

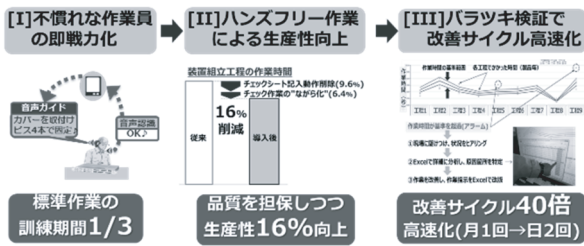


図 9 評価結果

Fig. 9 Results of experiments.

よる実習より AI 帳票では早く標準作業を体得できるという結果を得た。

また, [II] 品質管理作業の自動化については, 従来は熟練者でも組立作業中に品質チェックシート記入に 20%の時間を費やしていたが, AI 帳票ではアイズフリー・ハンズフリー作業ができるので品質を維持しながら作業時間を 16%短縮できた. チェックシート記入動作に限れば 80%改善に相当する. 作業引き継ぎや中断・再開が生じる組立工程全体の作業時間を短縮できることを熟練作業員でも確認できたので, その後, 全 10 工程でも AI 帳票を運用し, 10 人/日 × 60 日分の作業実績で評価し, 生産性を約 20%向上させることができた.

(3) 作業改善での効果検証の結果

全 10 工程で全作業員の作業実績のバラツキ検証を現場で実施し, [III] 改善サイクルを高速化できた. ビデオ撮影とストップウォッチ計測による月 1 回の作業分析はサンプリング検証にすぎなかったが, 4.2 節 (3) の機能により全数検証が可能になった. そのため, 生産ラインではバラツキ検証に基づく作業改善を日に 2 回 (午前と午後) できるようになった. 従来の作業改善は月 1 回が限度だったので, 月換算で約 40 倍 (= 2 回 × 20 日) の高速化に相当する. 改善すべき作業の発見例をあげると, ビデオ観察では発見できなかった「ネジを落として捨てる」動作や作業順序の違いによる時間差をリアルタイムに可視化できた. 責任者は即座に生産ラインに駆けつけ, 作業員が作業状況を忘れてしまわないうちにヒアリングし, 作業手順の修正案を作成できた. 責任者は, Excel[®] で作業手順を書き換えたり, 対話シナリオで実施条件を追加したりして, AI 帳票を更新し, 再度バラツキ検証する作業改善サイクルを実現できるようになった.

5.3 考察

評価結果のとおり, 現場作業支援 SL は, 紙の“読み書きしやすさ”や“作業引き継ぎなどの運用容易性”を持つ AI 帳票を実現し, 製造現場の訓練 (実習) 期間の短縮, 生産性向上, 改善サイクル高速化の効果を実証した. その結果, 福島事業所では, AI 帳票を採用する生産ラインを増やしている (図 10).



図 10 ハンズフリー化を実現した NEC プラットフォームズ福島事業所の組立検査工程

Fig. 10 NEC platforms fukushima factory adopts AI-forms in both assembling process and inspecting process.

評価結果は, 製造現場に限らず「標準作業を定義した紙の作業指示書を使っている現場では, AI 帳票によるアイズフリー・ハンズフリー作業が, 人作業の品質・生産性向上に寄与する」ことを示唆している. 予備実験の結果は, 紙の読み書き動作の時間よりも音声認識誤りを修正する時間が短くなる音声認識率以上であれば, AI 帳票は紙帳票と同等以上の作業効率を実現できること意味する. つまり, 予備実験の結果が, 紙帳票を AI 帳票に置き換える判断基準となる. また, 定着検証や作業改善での効果検証の結果も, 予備実験で担保した作業効率があれば得られる効果である. 訓練期間 1/3 や生産性向上 16%向上といった定量値は, 各業種の現場の標準作業の難易度や作業量に依存するが, 3.3 節 (1) 訓練段階での作業効率化や (2) 実践段階での作業効率化は, 作業内容に依存しない効果である. さらに, 3.3 節 (3) 改善段階での作業効率化は, AI 帳票への置換えで得られる効果である. AI 帳票は, ビデオ撮影とストップウォッチ計測の観察コストを不要にするだけでなく, 従来のサンプリング検証を全数検証へと改善する. したがって, 物流/建築/流通/サービスなど他業種の現場でも, 予備実験で対象業務の語彙での音声認識性能を評価し, 紙帳票運用と同等の作業効率を得られれば, AI 帳票による作業改善サイクルの効率化分だけ, 紙帳票運用以上の効果を期待できる. ただし, 改善効果の定量値は, 現場での適用評価が必要となる.

また, 企業活動においては, 作業改善での効果検証で実証した作業改善サイクルの高速化が, 人作業の品質・生産性の持続的向上の観点から重要だと考えられる. O-Ring 理論の帰結では, 同一の競争条件であれば作業改善サイクルが速い方が, 比較優位に立てるからである.

5.4 今後の課題

人作業ではアイズフリー・ハンズフリー作業の実現による品質・生産性向上以外に, 移動動作の効率化も重要な課題である. AI 帳票は音声認識を用いて作業改善サイクルを効率化するシステムだが, 作業員の分析という視点では, 音声認識をセンサとする作業データ収集 IoT 応用システム

と見なせる。一方、体の動きを感知するセンサやカメラを使って動作実績を収集・分析するIoT 応用システムが提案されている [35], [36]。これらのシステムは動作分析の手間の削減に貢献するが、作業改善サイクルの効率化の効果は明確でない。今後、各種IoT 応用システムの適用範囲や効果を分析し、作業改善サイクルを効率化できる連携方法などAI 帳票の機能強化や、騒音性難聴に対する対策が必要な現場での評価など適用範囲拡大に取り組んでいく。

6. おわりに

本稿では、IoT/AI/クラウドなどICT の進展が著しい中でも残る人作業の重要性を、IoT 事例、経済学のO-Ring理論、社会政策の観点から指摘し、作業品質・生産性を持続的に向上させるAI 帳票を提案した。AI 帳票は従来の電子帳票で失われがちな“紙の読み書きしやすさ”や“作業引き継ぎなど紙の運用容易性”を音声対話(AI) で実現し、生産性向上と作業実績収集(IoT 化) を両立させる電子帳票である。AI 帳票を実現する現場作業支援SL を開発し、NEC プラットフォームズ福島事業所で約2年間評価、良好な結果を得た。具体的には、AI 帳票により、不慣れた作業員の訓練期間を1/3に削減、品質管理を効率化し生産性を約20%向上、製造現場の作業改善サイクルを約40倍高速化する効果を実証した。実証した結果は、AI 帳票が製造/物流/建築/流通/サービスの現場の作業の効率化と継続的作業改善に役立つことを示している。O-Ring理論の示唆によれば、企業の生産性は、個々の作業の品質の掛け算で表現でき、個々の継続的な作業改善により大きな差が生まれる。したがって、提案したAI 帳票は、個別作業の改善にとどまらず、企業競争力強化に有効である。今後は、従来の電子帳票[24]と連携し、帳票管理業務から作業改善までを一貫して支援するソリューション開発や、他のIoT 応用システムと連携し、流通などサービス分野への展開も市場を通じて実証していく。

謝辞 実証実験の場を提供いただいた佐藤秀哉氏、野地英男氏、ほかご協力いただいたNEC プラットフォームズ福島事業所の方々に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

[1] Industrie 4.0: Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing, available from (<https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-trends-industrie-4-0.html>) (accessed 2017-06-16).

[2] Digital Factories: The End of Defects, available from (<https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factories-defects-a-vanishing-species.html>) (accessed 2017-06-16).

[3] David Autor: Will automation take away all our jobs?, available from (<https://en.tiny.ted.org/talks/david-autor-why-are-there-still-so-many-jobs>) (accessed 2017-

06-16).

[4] Kremer, M.: The O-Ring Theory of Economic Development, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.108, No.3, pp.551-575 (1993).

[5] Goodwin, N. et al.: Principles of Economics in Context, *Routledge* (2014/3/11).

[6] 厚生労働省:働き方改革実行計画(概要), 2017/3/28, 入手先 (<http://www.kantei.go.jp/jp/headline/pdf/20170328/05.pdf>) (参照 2017-06-16).

[7] 遠藤 功:現場力を鍛える, 東洋経済新報社 (2004/2/26).

[8] 第6章 社内標準化とTQM, 日本規格協会, 入手先 (<http://www.jsa.or.jp/wp-content/uploads/1.06.pdf>) (参照 2017-06-16).

[9] 日本生産性本部:生産性とは, 入手先 (<http://www.jpcc-net.jp/movement/productivity.html>) (参照 2017-06-16).

[10] 大野耐一:トヨタ生産方式. ダイヤモンド社 (1978/5/25).

[11] マイク・ローザー, ジョン・シュック(著), 成沢俊子(訳):トヨタ生産方式にもとづく「モノ」と「情報」の流れ図で現場の見方を変えよう!!, 日刊工業新聞社 (2001/8/10).

[12] 鈴木尚久:トヨタ生産方式の逆襲, 文春新書 (2015/1/20).

[13] マイク・ローザー, 稲垣公夫(訳):トヨタのカタ, 日経BP社 (2016/1/26).

[14] IE手法:その実践的活用法, 入手先 (<http://qcd.jp/pdf/corporateActivity/IE-Manual.pdf>).

[15] 北崎允子, 蓮池公威:紙と手作業による仕事の観察を通じた「ドキュメントの受け渡し」のデザイン, 富士ゼロックステクニカルレポート, No.24 (2015).

[16] あなどれない「手書き」の学習効果, 入手先 (<http://jp.wsj.com/articles/SB12748367622113273976104581644331252188072>) (参照 2017-06-16).

[17] 中西美和, 安間裕起, 中村洋平, 勝木辰明:マニュアルのメディア形態が作業手順の学習に及ぼす影響:媒体の違い及びコンテンツの違いに焦点を当てて, 人間工学, Vol.49, No.3 (2013).

[18] トップラン・フォームズ(株):紙媒体の方がディスプレイより理解できる (2013), 入手先 (<http://www.toppan-f.co.jp/news/2013/0723.html>) (参照 2017-06-16).

[19] 深谷拓吾, 小野 進, 水口 実, 中島青哉, 林真彩子, 安藤広志:メディアの違いが校正作業に与える影響—マニュアル作成における事例, 情報処理学会第73回全国大会 (2011).

[20] 波多野文, 関根崇泰, 伊 智充, 井原なみは, 田中裕子, 村上智子, 衣川 忍, 入戸野宏:紙ノートとタブレット端末の使用が学習時の認知負荷に及ぼす影響—脳波を用いた検討—, 信学技報, Vol.115, No.185, HCS2015-48, pp.39-44 (2015).

[21] 現場作業の電子化の御提案 XC-Gate.ENT, 入手先 (http://www.wavefront.co.jp/system_i/XC-Gate/XC-Gate.pdf) (参照 2017-06-16).

[22] iPad, iPhone, Windows タブレットによるペーパーレス『現場帳票』記録・報告・閲覧ソリューション i-Reporter, 入手先 (<http://conmas.jp/product/>) (参照 2017-06-16).

[23] 快作レポート + : タブレットによる業務報告システム, 入手先 (http://www.hitachi-solutions-create.co.jp/solution/feature/kaisaku_report/index.html?lfcpid=17&gclid=EAIaIQobChMlrLX53MCF1QIVFImpCh1r1QRaEAAAYASAAEgLqGvD_BwE) (参照 2017-06-16).

[24] 巡視・保守点検システム SmartMaintenance, 入手先 (<http://jpn.nec.com/engsl/pro/smartmainte/index.html>) (参照 2017-06-16).

[25] 音声認識システム (TENKENMAN-V), 入手先 (<http://www.asahi-kasei.co.jp/aecis/solutions/voice/>) (参照 2017-06-16).

[26] 音声技術を利用した作業支援ソリューション ANIMO, 入手先 (https://www.animoco.jp/for_biz/vaw) (参照 2017-

- 06-16).
- [27] 一般社団法人日本能率協会：2016 年度 Good Factory 賞受賞企業，入手先 (<http://www.jma.or.jp/mono/factory/award/index.html>) (参照 2017-06-16).
 - [28] イノベーションサービス，入手先 (<https://www.parc.com/jp/work/focus-area/エスノグラフィのサービス/>) (参照 2017-06-16).
 - [29] 赤津裕子，小松原明哲：機器操作を支援する音声と視覚ガイダンスに関する検討，日本人間工学会第 49 回大会，セッション ID: 2F1-3 (2011/02/19).
 - [30] 日本酒類販売 (株)：「音声受入力システム」を導入注文の処理時間を 6 割減，入手先 (<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0909/15/news039.html>) (参照 2017-06-16).
 - [31] VoiceDo 活用シーン，入手先 (<http://jpn.nec.com/voicedo/jirei.html>) (参照 2017-06-16).
 - [32] 塚田 聡：耐騒音音声認識装置 VoiceDo，NEC 技報，Vol.63, No.1, 入手先 (<http://jpn.nec.com/techrep/journal/g10/n01/pdf/100117.pdf>) (参照 2010-02-00).
 - [33] 服部浩明，辻川剛範：耐雑音音声認識エンジン VoiceDo の応用，情報処理学会，Vol.2013-SLP-98, No.3 (2013/10/15).
 - [34] Voyager legend, available from (<http://www.plantronics.com/jp/product/voyager-legend>) (accessed 2017-06-16).
 - [35] IoT 行動センシングを用いた作業分析技術，入手先 (<https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2016/05/71-05pdf/f04.pdf>) (参照 2017-09-20).
 - [36] 日本経済新聞：日立，IoT が人の動き分析最適な作業方法探る，2016/10/25，入手先 (<https://www.nikkei.com/article/DGXLZO08795680V21C16A0TI1000/>) (参照 2017-09-20).

推薦文

本稿は，帳票における人手作業の重要性を，IoT 進展に加え，経済学や社会政策による広い視点から分析を加えたうえで，作業品質と生産性の持続的な向上を実現する AI 帳票を提案しています。長期の現場適用に対する有益な評価も報告しており，次世代の流通サービス実現に向けた重要な情報提供であると思います。

(コンシューマ・デバイス&システム研究会主査 寺島美昭)



田淵 仁浩 (正会員)

NEC ソリューションイノベータ (株). 1987 年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業. 1993 年同大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了. 1989~1993 年同大学情報科学研究教育センター助手. 1993 年日本電

気 (株) C&C 研究所入社. 現在, NEC ソリューションイノベータ (株) で認知科学や人工知能を用いた人間機能拡張の事業開発に従事. 博士 (工学). 1988 年情報処理学会第 35 回全国大会学術奨励賞, 1994 年情報処理学会平成 6 年度山下記念研究賞, 人工知能学会 2016 年現場イノベーション賞等受賞. 電子情報通信学会会員.



坂口 基彦

NEC ソリューションイノベータ (株). 1997 年東京農工大学大学院工学研究科修了. 同年 NEC 入社. MBA in Technology Management. UI/UX の研究開発, 先端技術を活用した新事業創出に従事. 人工知能学会 2016 年現場イ

ノベーション受賞.



服部 浩明 (正会員)

NEC ソリューションイノベータ (株). 1985 年北海道大学大学院工学研究科修了. 同年 NEC 入社. 2008 年 NEC 情報システムズ出向, 現在に至る. 工学博士. 音声認識・合成, 話者照合の研究, 開発に従事. 人工知能学会 2016

年現場イノベーション受賞. 日本音響学会, 電子情報通信学会各会員.



奥村 明俊 (正会員)

NEC ソリューションイノベータ (株). 1986 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了. 同年日本電気 (株) 入社. 自然言語処理, 音声翻訳, コミュニケーションロボット等の研究開発に従事. 1992~1994 年南カリフォルニア

大学客員研究員として DARPA 機械翻訳 PJ 参加. 現在, NEC ソリューションイノベータ (株) 執行役員. 工学博士. 情報処理学会平成 20 年度喜安記念業績賞, 2007 年度独創性を拓く先端技術大賞経済産業大臣賞, 人工知能学会 2010 年, 2015 年, 2016 年現場イノベーション賞, 情報処理学会 2017 年度山下記念研究賞等受賞.