

SMART FACTORY

スマートファクトリーの手引き

INDEX

はじめに	· P.1
スマートファクトリーとは	·· P2.
スマート化の第1歩 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	·· P.3
スマートファクトリーに向けたロードマップ	·· P.4~6
先進的スマートファクトリーの事例 ・・・・・・・・・	·· P.7~8
MFCAとの連携 ····································	·· P.9~11
用語集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	·· P.12

はじめに

スマートファクトリーとは、ドイツ政府が提唱するインダストリー4.0を具現化した先進的な工場のことです。センサーや設備を含めた工場内のあらゆる機器をインターネットに接続した上で、品質・状態などの情報を見える化し、情報間の因果関係を明らかにして、設備間、設備と人が協調して動作することで実現されます。

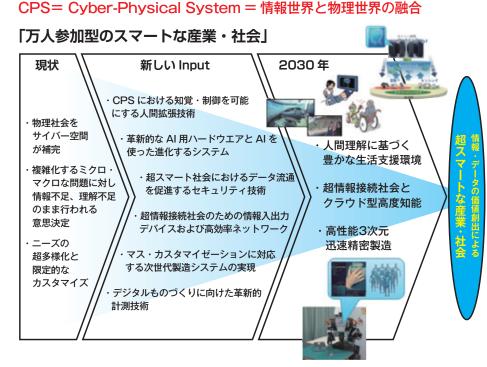
この度、静岡理工科大学准教授 加藤丈和様、株式会社大塚商会、富士電機株式会社のご協力を得て、中小企業様向けのスマートファクトリー実現に向けた手引きを作成しました。本手引きが、IoTを活用したものづくり改革の実現と収益改善、新たな雇用創出に繋がる一助となることを期待します。

スマートファクトリーとは

Society 5.0やIndustry 4.0 に対応したスマートファクトリーとは?

ポイントは、情報世界と物理世界の融合であるサイバーフィジカルシステムCPS(Cyber Physical System)です。決して難しいものではありません。

物理的対象の動きや相互作用をデータ化して解釈しますが、工場内の製品・部品、設備機械、人の動きなどの物理的対象の動きやそれらの相互作用をデータ化して、解析を行います。



産業技術総合研究所「第4次産業革命への対応の方向性」

経済産業省「新産業構造ビジョン」を加工

工場において重要な対象とは、

- 1. 部品、製品の動き → ICTでスマート化
- 2.設備機械、工作機械の動き → 電力(エネルギー)を消費する=電力の動きとして見る
- 3.人の動き

まずは、短期間で効果が見込める電力のEMS(Energy Management System)の導入から入るのがおススメです。

- (理由)・安価に計測しやすい、デマンドのピークカットで元がとれる。
 - ・もの、設備、人の動きをデータ化するインフラを少しづつ整備できる。
 - ・可視化、解析したデータに基づいて対策を行う企業文化を養うことができる。
 - ・もの、設備、人の相互の動きを解析すればできることが広がる。

スマート化の第1歩

EMS等の導入によって、設備の使用状況、電力使用状況のデータ化、可視化、個別機器の電力消費削 減やエネルギー原単位で管理可能

エネルギーマネジメント

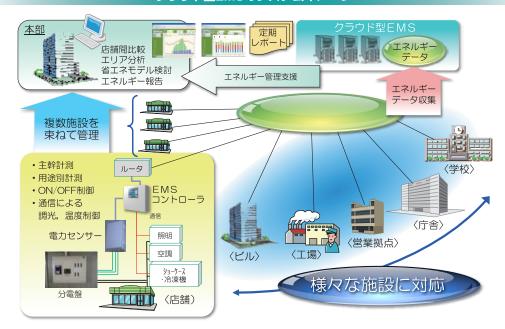


ピーク電力の削減、計画的電力使用、瞬間的なリソースマネ ジメントが可能

EMSのシステム構成と機能概要

対象となる工場やビルの規模によっては、EMSのシステム構成は多少異なりますが、ここでは、中小 規模の工場やビル、学校、庁舎等を想定したクラウド型EMSを例としてそのシステム構成と機能概要に ついて説明します。

クラウド型EMSのシステムイメージ



クラウド型EMSの特徴として、以下の点が挙げられます。

- ① 全国レベルでの共同利用型EMSサービスのため、エネルギー管理システム導入の初期費用/ランニン グコストの低減、システム管理の工数抑止が図れます。
- ② 複数施設を所有する利用者については、複数施設全体の消費把握や、地域別等の階層管理、施設間の比 較等が可能です。また、遠隔での運転スケジュール設定も行えます。
- ③ 電力需給逼迫時に、節電情報等の発信が一斉に行えます。また、節電時間帯のリアルタイムな状況把握 や、通常時との節電効果比較・差異分析を容易に行えます。

スマートファクトリーに向けたロードマップ

中小工場向けスマートファクトリーに向けたロードマップを示します。

大きくステップ 1 からステップ 5 で構成されますが事業所の状況に応じて取捨選択することも可能 です。製品化のフローを設備・機械と作業(人の動き)の視点から分析し、改善・対策を通して生産 性の向上に繋げていきます。

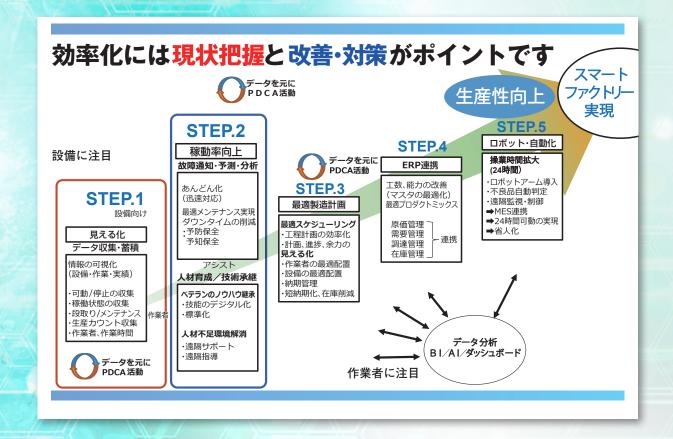
<mark>〈ステップⅠ〉</mark> エネルギー及び設備、作業に注目したデータ収集・蓄積と見える化(EMS、ICT(AI/ loT) の導入)

〈ステップ2〉マネージメント及び故障通知・予測・分析と稼働率向上

〈ステップ3〉 最適製造計画の策定

〈ステップ4〉 ERP連携(工数、能力の改善とマスターの最適化)

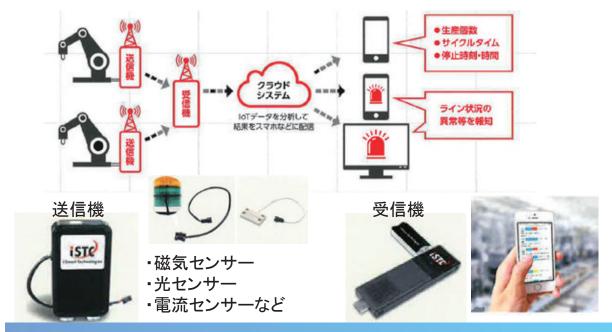
〈ステップ5〉 ロボット・自動化



【 可視化 】製造ライン遠隔モニタリングサービス

クラウド利用で「いつでも、どこでも、データが見れる」

(生産個数、サイクルタイム、ライン状況の把握)



【障害通知・状況確認】IDISカメラ監視

障害時に通知を受け、障害時の状況を映像で確認 防犯対策、作業事故等の原因究明にも役立ちます



【不良品判定業務効率化】

繰返し作業の自動化による作業工数の削減、品質向上

不良サンプルの類似画像をAIにより自動生成することで、 大量のサンプルデータ収集が不要です。





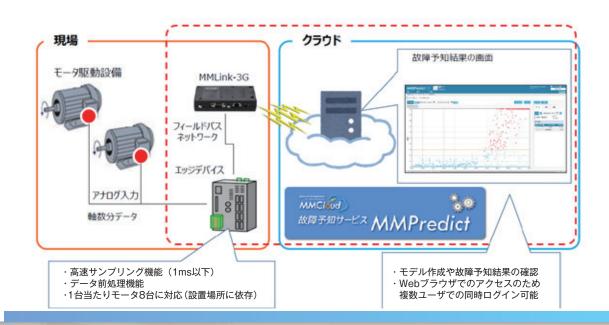




- ●AI (ディープラーニング) 画像解析技術により、従来の画像検査装置の適用が 難しかった、あいまいな判定に適用できます。
- ●エッジPCとGPUの利用により高速な画像認識処理を実現できます。
- ●人の知見の追加学習機能を搭載。学習を繰り返すことで検知精度が向上します。

【故障予知】

モータのデータをエッジデバイスで取得・前処理後、 クラウドへ送信し故障を予知します



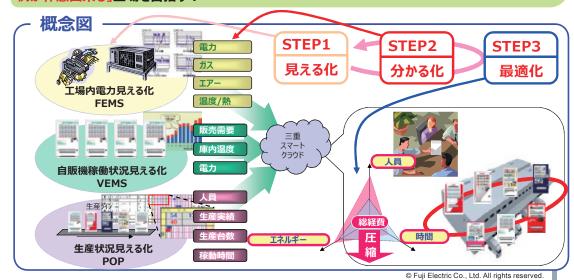
先進的スマートファクトリーの事例

〈富士電機株式会社 三重工場〉

同社は、「生産性と品質の向上」「安全・安心と省人化」と「省エネルギー」を実現するため、SCM (Supply Chain Management)、PLM (Product Lifecycle Management) の2つの軸からIoT 化を推進している。省エネを含めた工場全体の最適化を図る「つながるスマート工場」の実現を目指 している。

三重スマート化全体像 (FEMS・VEMS・製造POPの融合)

◆工場稼動情報(FEMS・POP)と自販機制御監視(VEMS)をクラウド環境に統合、エネルギー と操業のムダ・ムラを見える化し工場全体での省エネ・省コストと操業効率の最大化で工場スマート化を 実現すると共に実証実験モデル工場として参画し、「三重工場に来れば富士電機省エネ機材の使用事 例が体感出来る」工場を目指す!



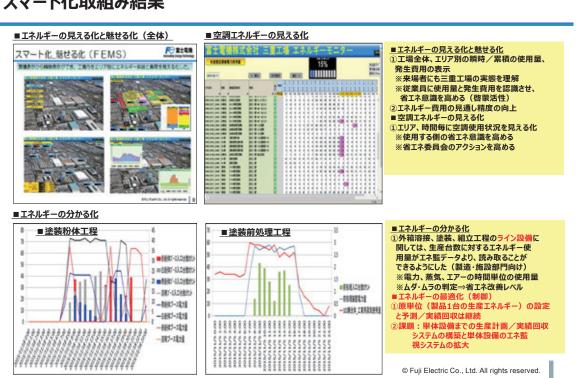
自販機省エネ技術の工場適応マトリックス

			視点	į				
	自販機省エネ技術	熱ロス低	最適制御	最適容量	自則	仮機	工場	
		減			缶	カッフ°	設備	施設
1	エコパネル方式(内箱レス)	0			0			
2	真空断熱材	0			0	(3層化)	乾燥炉	
3	オールアルミ製熱交換器			0	0	0		
4	学習省エネ機能		0		0	(着氷量)	乾燥炉	空調
5	ピークカット・ピークシフト機能		0		0			空調
6	蛍光灯調光機能(INV/LED)		0		0	0		照明
7	深夜停止機能		0		0	(着氷量)	待機電力	
8	コンパクト設計	0		0		0		
9	ヒートポンプ機能		0		0		温水	空調

© Fuji Electric Co., Ltd. All rights reserved.

SCM軸ではIoTを活用した生産設備・ラインの自動化を推進している。PLMでは、標準化、デザイン化、CPS(Cyber-Physical System)活用を推進している。CPS活用による生産設備の準備、工場見える化ダッシュボードの表示、生産ライン設計の高度化・効率化、多変量解析による品質改善・予兆保全が特徴である。 (富士電機技報2018 vol.91 no.3 p.143より)

スマート化取組み結果



スマート化の取組み状況と今後の展開

		部分実施・拡大中ライン			設備のみ						
エネルギー	用途		システム化				省工ネ改善				
		見える化 (使用状況の把握)	分かる化 (ムダ・ムラの判定)								
電力	生産設備	単体設備の稼動監視 (NCT・プレス)			生産計画に合った 予測と実績回収		チョコ停止・ 待機□スの排除				
	照明・コンセント	照明点灯・コンセント使用 の把握	生産計画に合った 照明・コンセント使用判定			生産計画に合った 予測と実績回収 自					
	エアー	使用量の把握	生産計画に合った 使用量・洩れの判定	データ確認	生産計画に合った 予測と実績回収		エアー⇒電気転換 エアー洩れ削除				
	空調	温度・空調電力量 の把握	運転状況の要否判定	データ 確認	温湿度に連動した 自動制御		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		比例制御の拡大 空調機更新		
ガス	生産設備	使用量の把握	量の把握 生産計画と稼動状況の差異 デーー 判定・設備劣化判定 確認 (断熱・バーナ劣化)		生産計画に合った 予測と実績回収		断熱性能の向上 チョコ停止・ 待機ロスの排除				
	蒸気	使用量の把握	生産計画に合った 使用量・洩れの判定	データ確認	生産計画に合った 予測と実績回収						蒸気 ⇒HP化ort-タ化
	空調	温度・空調電力量 の把握	運転状況の要否判定	データ確認	温湿度に連動した 自動制御		EHP化拡大				
用水	生産設備	使用量の把握	設備温度の把握、冷却温度 による要否判定		冷却温度。 連動した自動	_					

- ■分かる化⇒エネ監データを確認⇒ライン設備の生産台数と使用量より判定可能
- ■最適化(制御)⇒原単位の設定と生産計画に合った予測と実績回収構築⇒2016年度継続

© Fuji Electric Co., Ltd. All rights reserved.

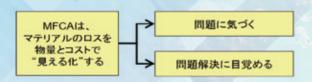
MFCAとの連携 〜新たなステップ〜

FEMSと連携したMFCAの先進的な実践モデルの提案

MFCAは、マテリアル(材料とエネルギー)に注目した原価管理手法であり、製造工程におけるマテリアルのフローとストックを物量と金額単位で測定する会計システムです。工程でとの原材料、エネルギー、廃棄物コスト及びシステムコスト(加工費+設備の減価償却費)を明らかにし、製品にならない廃棄物などを負の製品としてとらえ、それに係る原材料・エネルギーのコストや加工費についても正確な計算をするところが特徴です。2011年9月にISO14051として国際標準化されました。

下記に概要を示します。

MFCAにより物量とコストで工程を見える化することができます。 また従来の作業や管理の問題に気付き、その解決策を発見することが期待できます。

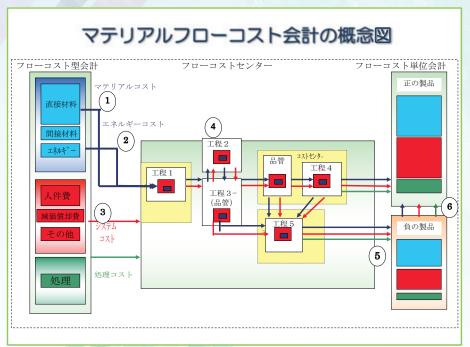


MFCAでは、製品にならなかった材料はすべて「負の製品」として物量とコストを管理します。

<負の製品の構成要素に着目する> ○MC(マテリアルコスト)

- SC(システムコスト) ←カメラ映像分析等を活用
- EC (エネルギーコスト) ← FEMSと連携
- 廃棄物の処理コスト

マテリアルフローのイメージを下図に示します。



〈FEMSと連携したMFCAの事例〉

- ・FEMSによる機器ごとの電力使用データを分析する。
- ・カメラ映像を活用し、作業ごとの時間を計測し、システムコストの分析を行う。

マテリアル	原板	丸太	加工前の丸太	板材	加工前の丸太	角材	板材	板材	チップ原料	挽き粉
				電気		結束テープ	結束テープ	カビ止め剤	梱包材	
工程	原板の入荷	丸太の入荷	製材加工	乾燥	製材加工	梱包	梱包	防カビ処理	チップ加工	集積
装置	トラック	トラック	ギャングソー	電気乾燥室	台車 (送材車付帯 鋸機)	結束機	結束機	防カビ槽	チッパー (粉砕機)	集塵機
	フォークリフト	フォークリフ ト			эны 1987/				排風機	

製材所A社の原板加工のプロセスにおけるMFCAの導入事例

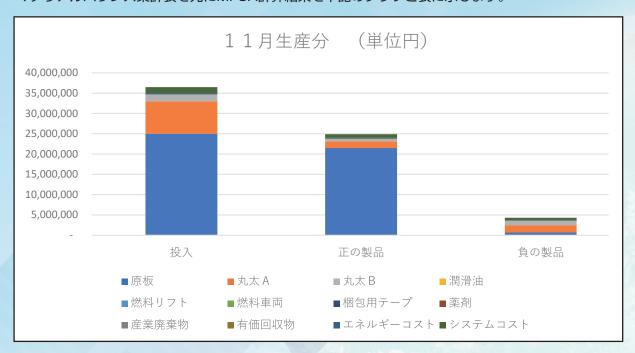
マテリアルバランス集計表

A社				2019年	₹11月	生産分				
調査対象期間:2019年11月度	の工場生産状況									
	output									
					正の製品 負の製品 廃棄やロスに			なった物		
当月支払い合計				(円)			(円)			(円)
							%			%
マテリアルと材料	材料単価(円)	物量a	単位	金額(円)	物量b	単位	金額(円)	物量c(a-b)	ロス率	金額(円)
原板		478.54	m3		478	m 3		15	3.1%	
原板 前月から繰越分		49.92	m3							
原板残		35.07	m3							
丸太A		171.75	m 3		64	m 3		70	52.2%	
丸太A 前月からの繰越分		135.68	m 3							
丸太A残		173.58	m3		-					
丸太B		65.96	m3		56	m3		97	63.3%	
丸太B 前月からの繰越分		86.80	m 3							
丸太B残		191.28	m3							
消耗品 (潤滑油)		559.50	Kg∕ℓ		-	Kg/l		560	100.00%	
消耗品(燃料(車両)リフト)		468	l		-	l		468	100.00%	
消耗品(梱包用材 テープ)		31,000	枚/kg		31,000.00	枚/kg		-		
消耗品(梱包用材 薬剤)		25.71	l		-			26	100.00%	
消耗品(燃料(車両)4t)		48.77	l		-			49	100.00%	
		-			-			-		
		-			-			-		
コスト小計										
廃棄物処理	処理単価	物量	単位	金額(円)	物量b	単位	金額(円)	物量c(a-b)	ロス率	金額(円)
廃棄物処理費用		000	e		22.	2		44. 七 卯\		
挽き粉を有価廃棄物に計上する		800	ų.		324	m3		挽き粉		
					30,096	kg		チップ		
エネルギー	単価	使用量	単位	金額(円)	使用量b	単位	金額(円)	使用量c(a-b)	ロス率	金額(円)
電力使用量 k w h (基本料金や賦課金は除く)		22.514	k w h		15,332	k w h		7,182	31.9%	
システムコスト	単価(円/時間)	投入量	単位	金額(円)	加工時間b	単位	金額(円)	待機時間c(a-b)	ロス率	金額(円)
直接労務費	H-Im (1 1) (1 1)	1,152	時間	шеня (I I/	675	時間	жин (11)	1寸吸吁用C(a=D)	41.4%	πτ#κ (I I)

上記のマテリアルバランス集計表は、工場の工程全体で計算され、マテリアルの種類別に口スの 総量と材料費としての口ス金額を表します。(参考値)

マテリアルロスが工場の中でどのような位置づけになるのか、全体像を把握することが目的です。 従来のMFCAの手法では見落とされていたエネルギーコストやシステムコストも詳しく見える化 することが可能になります。

マテリアルバランス集計表を元にMFCA計算結果を下記のグラフと表に示します。



11月生産 単位:円

	投入	正の製品	負の製品
原板	25,011,350	21,461,109	659,910
丸太 A	7,968,534	1,658,880	1,810,460
丸太 B	1,578,418	601,380	937,099
潤滑油	37,300		37,300
燃料リフト	37,627		37,627
燃料車両	4,291		4,291
梱包用テープ	12,400		12,400
薬剤	66,343		66,343
産業廃棄物	30,000		30,000
有価回収物		120,000	
エネルギーコスト	277,372	188,891	88,482
システムコスト	1,458,736	854,819	603,917

上記図上の負の製品の金額の大きい赤色丸印に着目して、原因分析を行った結果、次の改善策が 判明しました。

- ・購入丸太の価格と売価の価格交渉根拠の見える化とサイズ変更の余地
- ・中間製品を工場内で自動加工する機械の新規導入

〈スマートファクトリーの手引き 用語集〉

IoT(Internet of Things)

モノのインターネット。様々な「モノ」がインターネットに接続され、情報交換することにより相互に制御する仕組み。現在の市場規模は、800億ドルと予測されている。

AI (Artificial Intelligence)

コンピュータサイエンスの一分野で、 言語の理解や推論、問題解決などの知的行動と人間に代わってコンピューターに行わせる技術。

インダストリー4.0

製造業におけるオートメーション化及び データ化・コンピュータ化を目指す今日の 技術的コンセプトにつけられた名称。サイ バーフィジカルシステム、モノのインター ネット、クラウドコンピューティングなど が含まれる。

Society5.0

サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会。

コネクテッドインダストリーズ

2017年3月経済産業省が「人・モノ・技術・組織などがつながることによる新たな価値創出が日本の産業の目指す姿である」として提唱した概念。

CPS (Cyber-Physical System)

実世界(フィジカル空間)にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析・知識化を行い、そこで創出した情報・価値によって産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの。

MFCA

(Material Flow Cost Accounting)

製造プロセスにおける資源やエネルギーロスに着目して、そのロスに投入した材料費、加工費、設備償却費などを「負の製品に掛かるコスト」として総合的にコスト評価を行う原価計算、分析の手法。MFCAを使って分析、検討されるコストダウン課題は、省資源や省エネにもつながっていく。

ERP

(Enterprise Resource Planning)

企業資源計画。システムを指す場合は、 企業の基幹業務を統合して総合的な経営 を行っていくためのシステム。

FEMS

(Factory Energy Management System)

工場全体のエネルギー消費を削減するため、受配電設備のエネルギー管理や生産設備のエネルギー使用・稼働状況を把握し、見える化や各種機器を制御するためのシステム。エネルギー使用量を監視し、ピーク電力の調整や状況に応じた空調、照明、生産ライン等の運転制御等を行う。





〒600-8009 京都市下京区四条通室町東入函谷鉾町78 TEL. 075-353-2303 e-mail smart@chiemori.jp URL https://chiemori.jp/smart

2020年2月発行