

## 見える化技術の産業間比較に関する研究： 分析フレームワークの試案

日大生産工 ○村田 康一 日大生産工 若林 敬造 日大生産工 渡邊 昭廣

### 1. はじめに

近年、開発、生産、物流、販売、保守・メンテナンスといった製品サプライチェーンを構成する様々な機能において、見える化技術は多用されている。また、製造業のみならず、農業や建設業、またサービス業など産業全体にそのコンセプトは広がっている。生産職場の代表的な見える化技術であるアンドンを取り上げてみると、その機能は「異常を検知し、知らせる」ことである。このような安全確保や生産性向上につながる機能を持つツールの現場への導入要求は、各産業、各機能において共通してあると考えられる。アンドン以外の見える化技術にも様々な性能指標の維持・向上に役立つ普遍的な機能を提供するものが多く、このような特徴をもつことが当該技術の普及につながっている理由と考えられる。また、技術的な側面について考えてみると、高度なセンサ技術や情報システムがある一方で、日曜大工で可能な事例も多くみられる。特に、後者を自組織以外において目にした場合は、これならすぐ取り入れることができるという感覚を持つことが多いのではないだろうか。社団法人日本プラントメンテナンス協会では、毎年「からくり改善工夫展」を開催している。この中では、国内にある事業所の見える化事例が展示紹介されており、海外からの視察も多数みられ、参加者の多くが熱心に見学している[2]。このような技術の学術研究について眺めてみると、その効率的な導入方法や事例研究などがみられる[1][5][6]。しかし、様々な組織で導入されている当該技術を比較分析し、更なる技術移転に資するようなものについては、あまり見受けられない。本

論文では、この課題をサプライチェーンにおける技術移転に関わる課題と位置づけた上で、その解決の一助となり得る方法論、すなわち、異なる産業で導入されている事例を比較分析する手順開発を行うことを目的とする。

### 2. サプライチェーンにおける技術移転の課題

サプライチェーンにおける技術移転の課題には、図1に示すような①世代間進化、②地理的拡大、③機能的展開といった3つの課題があると考えられる。①世代間進化は、サプライチェーンを構成する各機能の水準向上を目指した技術移転である。高齢化と少子化が同時に急速に進む先進国における技術継承問題や飛躍的な生産性向上に対する要求、また、時代の変化に対応するためのイノベーションの必要性などを背景としており、これらのことから、時間的側面からの難しさを持つものであると考えられる（図2）。

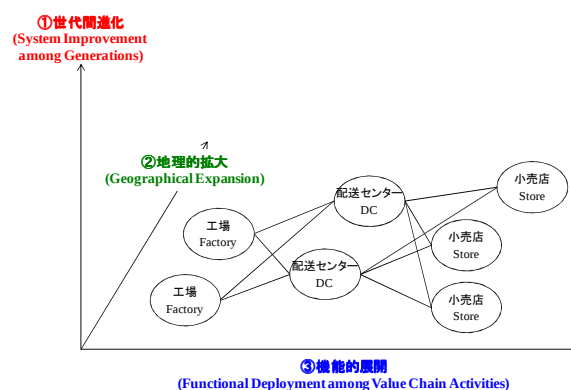


図1. サプライチェーン（サプライネットワーク）  
の拡大と課題①

Study on Comparison of Visual Management Technologies among Industries  
- A Trial of Construction of a Framework for Analyzing Related Cases-

Koichi MURATA, Keizo WAKABAYASHI and Akihiro WATANABE

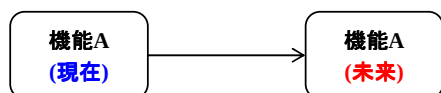


図 2. 世代間進化としての技術移転

②地理的拡大は、サプライチェーン内において同一機能であるものの異なる場所に立地している拠点間での知識や技術の標準化を目指した技術移転である。これはグローバル化に伴う爆発的なサプライチェーン拡大によって認識されるようになっている事業拠点の最適立地問題や、効率的に品質の良い原材料を安く仕入れることを考える最適調達問題などを背景としており、これらのことから、地理的、文化的側面からの難しさをもつものであると考えられる（図 3）。

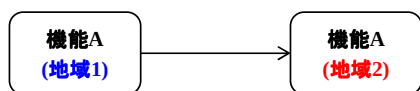


図 3. 地理的拡大としての技術移転

③機能的展開は、サプライチェーン内の異なる機能間での知識や技術の共有化を目指した技術移転である。これは、商品供給リードタイムの短縮化や、大規模な地震や洪水などの自然災害に被災したところからの迅速な回復力(Resilience)構築などを背景としている。前述の 2 種類のものと比べて技術移転元と技術移転先間における信頼構築や連携強化が難しいと考えられ、このことから、組織的側面からの難しさを持つものである（図 4）。



図 4. 機能的展開としての技術移転

また、上述のサプライチェーン内の技術移転カテゴリに加え、異なる産業のサプライチェーン間における技術移転が考えられる。これは、図 5 に示すような異なる産業のサプライチェーン同士で互いの知識や技術などを有効利用し、各産業の効率的な業務改善やイノベーションを目指すものである。本論文において試案する方法論はこの課題解決の一助と考えられる。

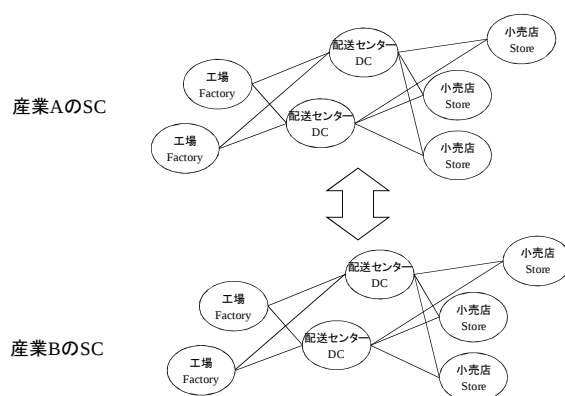


図 5. サプライチェーン（サプライネットワーク）の拡大と課題②

### 3. 提案手順

提案する 2 産業間における事例比較の手順を下記に示す。ここでは、各産業に見える化事例に関するケースベースがあることを前提とする。

#### 3.1 事例分析（ステップ 1）

本ステップにおいては、両産業のケースベースに蓄積されている事例のキーワードを抽出する（図 6）。キーワードの抽出には、13 個の属性項目を用いる[3][4]。これは、5W1H を用いて設定した 7 つの質問項目より得られたものである。この属性項目を用いて、両産業の各事例のキーワードを抽出する。

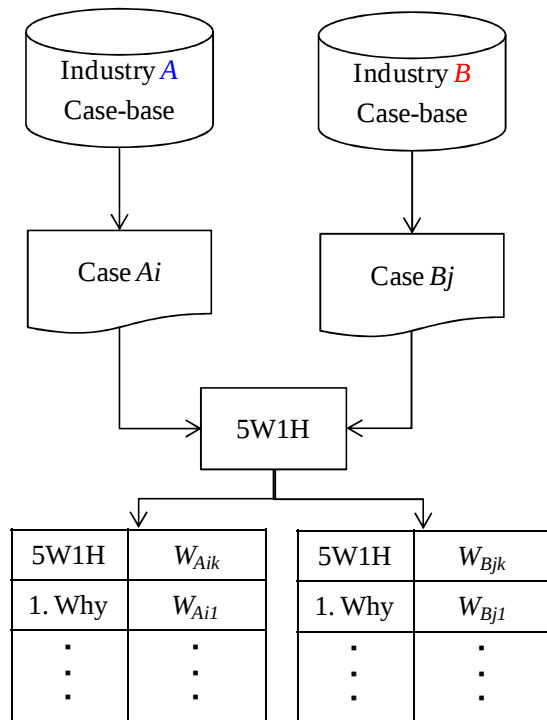
<5W1H から設定した 7 つの質問項目>

- 1) 何故、必要でしたか？
- 2) 何を、見えるようにしましたか？
- 3) どこに、利用しましたか？
- 4) いつ、見えるようにしましたか？
- 5) 誰に、見えるようにしましたか？
- 6) どのように、見えるようにしましたか？
- 7) どれくらいの製作費用でしたか？

<質問項目から抽出した 13 個の属性項目>

- ① 向上が期待できる性能指標
- ② 導入メリット
- ③ 発生源
- ④ 改善課題（異常現象）
- ⑤ 改善課題（原因）

- ⑥ 改善課題（影響）
- ⑦ 解決できた改善課題
- ⑧ 見える化の対象
- ⑨ 管理対象
- ⑩ 利用工場
- ⑪ 利用工程（設備）
- ⑫ 要素技術
- ⑬ 製作費用



<使用記号>

- $W_{Xik}$  : 産業  $X$  のケースベースに蓄積されている事例  $i$  の属性項目  $k$  に関するキーワード  
 $X$  : 産業の種類に関する添字 ( $X = A, B$ )  
 $i$  : 産業  $A$  のケースベースの事例番号 ( $i = 1, \dots, m$ )  
 $j$  : 産業  $B$  のケースベースの事例番号 ( $j = 1, \dots, n$ )  
 $k$  : 事例の特徴を示す属性項目に関する添字 ( $k = 1, \dots, 13$ )

図 6. ステップ 1 に関するフローチャート

ステップ 2 : 事例間の類似性測定

ステップ 1 で抽出した属性項目に関するキーワードを用いて、両産業の事例の類似性を測定する。

表 1 に示すように両産業の比較対象の属性項目に関するキーワードを比較し、一致しているかどうかで判定する。これを全ての属性項目について行い、その総和を比較対象間の類似度とする (式 1)。

$$C_{Ai-Bj} = \sum_{k=1}^{13} S_{(Ai-Bj)k} \quad (1)$$

(産業  $A$  の事例と産業  $B$  の事例の類似度を表す指標)

<使用記号>

- $S_{(Ai-Bj)k}$  : 1 属性項目  $k$  について産業  $A$  の事例  $i$  と産業  $B$  の事例  $j$  のキーワードが同じ  
0 属性項目  $k$  について産業  $A$  の事例  $i$  と産業  $B$  の事例  $j$  のキーワードが異なる

表 1. 事例比較表

| 5W1H   | $W_{Aik}$ | $W_{Bjk}$ | $S_{(Ai-Bj)k}$                           |
|--------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 1. Why | $W_{Ai1}$ | $W_{Bj1}$ | 1                                        |
| ⋮      | ⋮         | ⋮         | ⋮                                        |
|        |           |           | $C_{Ai-Bj}$<br>( $= \sum S_{(Ai-Bj)k}$ ) |

ステップ 3 : ケースベースの類似性測定

全ての事例比較の結果は表 2 のように整理される。これをインプットデータとして、式(2)から式(8)を表されるモデルを用い、産業間のケースベースの類似度を判定する。

表 2. 比較結果のまとめ

|         |                  | $b_1$       | $\dots$     | $b_n$       |
|---------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|         | $A \backslash B$ | $case_{B1}$ | $\dots$     | $case_{Bn}$ |
|         | $A$              | $case_{A1}$ | $C_{A1-B1}$ | $C_{A1-Bn}$ |
| $a_1$   | $case_{A1}$      | $C_{A1-B1}$ | $\dots$     | $C_{A1-Bn}$ |
| $\dots$ | $\dots$          | $\dots$     | $\dots$     | $\dots$     |
| $a_m$   | $case_{Am}$      | $C_{Am-B1}$ | $\dots$     | $C_{Am-Bn}$ |

<目的関数>

$$\max \rho = \frac{C_{ab}}{\sqrt{\sigma_a^2 \sigma_b^2}} \quad (2)$$

(産業Aの事例スコアと産業Bの事例スコアの相関係数の最大化)

<制約条件>

$$b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{Ai-Bj} a_i \quad (3)$$

(産業Aにおける事例*i*の産業Bにおける事例当りの類似度)

$$\bar{a} = 0 \quad (4)$$

(産業Aの事例スコアの平均値の制約条件)

$$\bar{b} = 0 \quad (5)$$

(産業Bの事例スコアの平均値の制約条件)

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{Ai-Bj} a_i^2 \quad (6)$$

(産業A及び産業Bの事例スコアの同時分布における産業Aの事例スコアの周辺分布の分散)

$$\sigma_b^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{Ai-Bj} b_j^2 \quad (7)$$

(産業A及び産業Bの事例スコアの同時分布における産業Bの事例スコアの周辺分布の分散)

$$C_{ab} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{Ai-Bj} a_i b_j \quad (8)$$

(産業A及び産業Bの事例スコアの同時分布における共分散)

<決定変数>

$\rho$  : 事例スコアと課題スコアの相関係数

$a_i$  : 産業Aの事例*i*に付与される数値 (これを産業Aの事例スコアと呼ぶ) ( $i = 1, \dots, m$ )

$b_j$  : 産業Bの事例*j*に付与される数値 (これを産業Bの事例スコアと呼ぶ) ( $j = 1, \dots, n$ )

<定数>

$C_{Ai-Bj}$  : 産業Aの事例*i*と産業Bの事例*j*の類似度を表す指標 ( $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ )

$T$  : 産業Aの総事例数と産業Bの総事例数の積 ( $m \times n$ )

#### 4. おわりに

本論文においては、異なる産業間に見える化技術移転の促進に資するため、異なる産業で導入されている事例を比較分析する手順開発とそこで用いるモデルを提案した。今後、提案したモデルの有効性を示す研究が望まれる。

#### 参考文献

- [1] Greif, M., *The visual factory: Building participation through shared information*, CRC Press, 1991.
- [2] からくり改善くふう展 2013HP, URL: <http://www.jipm-topics.com/karakuri/>, 検索日: 2013年10月28日.
- [3] Murata, K. and Katayama, H., "A study on the performance evaluation of the visual management case-base: Development of an integrated model by quantification theory category III and AHP", *International Journal of Production Research (IJPR)*, Vol. 51, No. 2, pp. 380-394, 2013.
- [4] Murata, K. and Katayama, H., "Development of kaizen case-base for effective technology transfer: A case of visual management technology", *International Journal of Production Research (IJPR)*, Vol. 48, No. 16, pp. 4901-4917, 2010.
- [5] Parry, C.E. and Turner, G.C., "Application of lean visual process management tool", *Production Planning and Control*, Vol. 17, No. 1, pp. 77-86, 2006.
- [6] Tezel, A., Koskela, L. and Tzortzopoulos, P., *Visual management in construction: Study report on Brazilian cases*, University of Salford, 2010.