

イノベーションを支援する リスク分析ソリューションの研究

村 山 秀 次 郎*

1. はじめに

商品の開発やサービスの改善に活かすことを目的に、顧客の生の声（日本語文章のテキストデータ）を分析するテキストマイニングは、ここ数年で、実験的な導入の段階から、より具体的な成果が求められる段階に入った。適用例ではコールセンターでの利用が多く、クレーム処理の短時間化に利用されている。ただ、テキストマイニングで出された結果はあくまでも課題発見のための「気付きのもと」であり、課題をどう見つけ行動につなげるかが、新たな研究課題となっている。今後の産業界への普及を鑑み、今こそ先行研究の必要性があり、新たなチャンス発見への一歩と位置づけ研究に取り組むことにした。

2. 研究の背景および目的

広島県竹原市に本社を置く食品加工業A社は、品質管理と危機管理の必要性から事故再発防止報告書制度を採り、データの蓄積をおこなってきたが有効利用ができていないことが問題点であった。そんな現状からの脱却をはかるべく、蓄積されたデータの有効利用のための解決策としてアカデミック的な分析手法を問う相談を受けた。筆者にとって今回取り組む研究課題との調和もあり、また研究推進の検証の場として受

け入れてくれることを前提に、再度にわたる提案を重ね、産学連携の形で取り組むことにした。

本研究の目的は、前述の問題点に対して、工場の現場で発生した事故（今回は人為的事故）の報告書である日報や事故再発防止報告書のテキストデータを基に、テキストマイニングを適用して、事故報告者の主張（原因、防止策など）を的確に抽出し、その結果を基に得られた知見、課題と現実にとどった結果との比較実証を行い、課題発見のルールを見出すための方法をモデル化することが目的である。

本論文では、社員の主張を的確に抽出するキーワード抽出技術、および、抽出されたキーワードをいかに活用するかという適用技術について論ずる。図1に研究の全体図を示す。

6節では、本研究の主題である課題発見のプロセスについて述べ、その実証としてA社での課題発見プロセスの適用、および事故再発防止に向けたルール発見のための、回帰分析、順序関係を考慮したラフ集合を提案し、その解析結果を述べるとともに、その評価も行う。

当論文の題目であるリスク分析は、リスク・マネジメントの支援のためのものと考えられることにし、リスク・マネジメントの定義を「保険や安全対策、さらには経営戦略などを活用して事業の偶発的あるいは人為的な損失（リスク）を発生しないようにし、もしリスクが発生した場合には、それを最小化し、さらに実現したリスクに適切に対処する経営管理の方法」とする。

* 広島経済大学経済学部教授

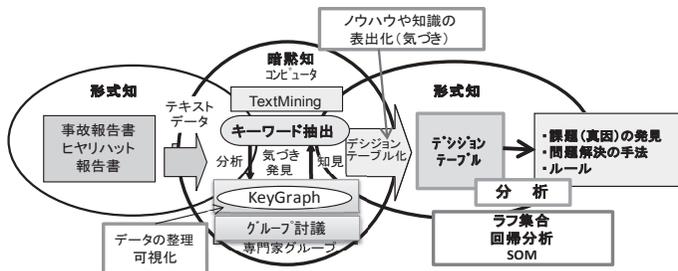


図1 研究の全体図

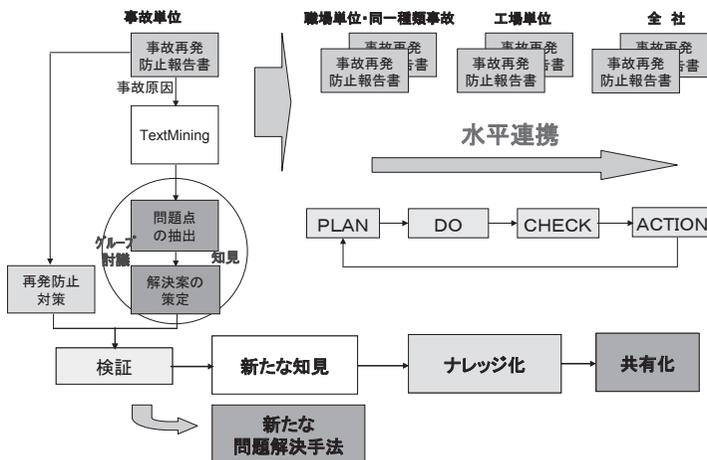


図2 A社でのリスク・マネジメント案

また、本論文で述べるイノベーションについても定義しておきたい。定義としては「新しいものに挑戦し、既存のものに新しい価値や創造を生み出す仕組みや方法を形成する行動」とする。

ソリューションとは問題解決を図るためのコンピュータシステムの構築・運営方法をいう。

3. A社におけるリスク・マネジメントへの取り組み

目標として「品質管理」の向上をめざしたリスク・マネジメントであり、これは、企業の経営全体の方向性に沿ったものである。

A社の品質管理項目(6Mと呼称)は以下である。

- ①機械・装置 (Machine), ②人 (Man),
- ③原材料・資材 (Material),
- ④製法 (Method), ⑤管理 (Management),

⑥お金 (Money)

製造現場は、ほとんどがオートメーション化されているが、人手でしかできない工程もあり、特に検査工程、配合工程などはその例である。本研究では配合工程をターゲットにしている。事故再発防止報告書の発行は1年を通じても1工場あたり50件ぐらいであるが、会社としては「事故を繰り返さないために」を旗印に、品質管理部の重点テーマとして、また、リスク・マネジメントとして取り組んでいる。

4. A社でのリスク・マネジメント案

初期、A社におけるリスク・マネジメント案(図2参照)にまとめて、提案説明し了承を得た。今後の作業を進める上で、事故再発防止プロジェクトを結成し、幹部社員を除く4名で行うことにした。提案の要点は以下の通りである。

- ①事故再発防止報告書に記載されている事故原因部分をテキストマイニングし、問題点の抽出、専門家によるグループ討議を経て解決策を策定する。
- ②策定された解決策と事故発生部署からの解決策の検証を行う。
- ③検証を行うことで、そのギャップから新たな知見を得る。
- ④また、検証から新たな問題解決手法を模索する。
- ⑤将来的にはその知見をナレッジ化（暗黙知を形式知へ）する。
- ⑥ナレッジ化された知見はA社グループ間で共有化（水平展開）がなされ、結果的に、

事故の減少が図れるという考えである。

5. テキストマイニング技術について

提案を実行するために、研究計画をつくり(図3)、ツールの選定を行う。ツールとして選定したのは以下の通りである。

- ①形態素解析には「茶筌」の適用¹⁾
- ②キーワード抽出には「KeyGraph（キークラフ）」の適用²⁾
- ③ルール抽出には回帰分析、ラフ集合分析を適用³⁾、ある傾向や相関関係などの情報を見つけ出す技術・手法としてSOM (Self-Organizing Map) の適用を前提にした。その上で新たな提案(図4)を行う。

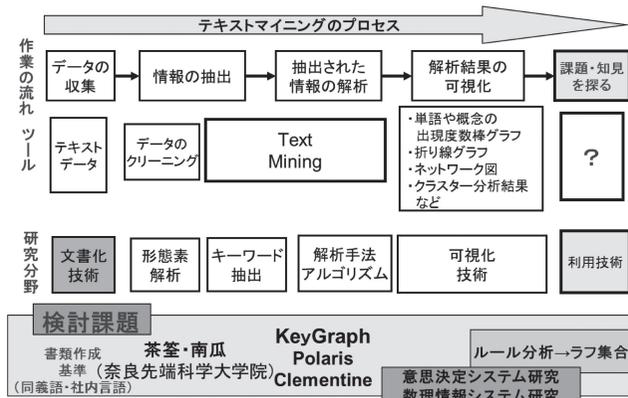


図3 研究計画

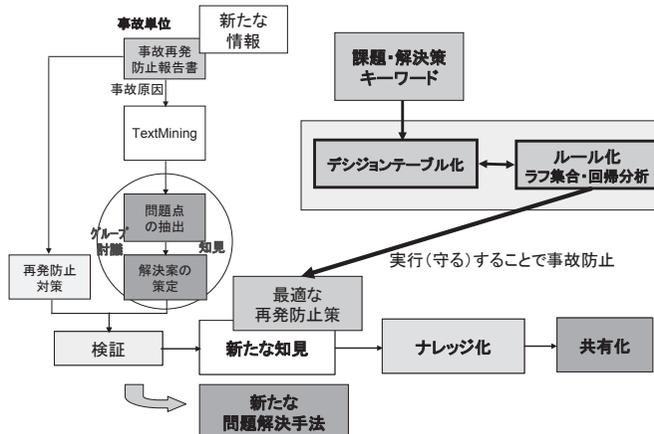


図4 提案する課題発見のプロセス

6. 提案する課題発見のプロセス

前述のA社でのリスク・マネジメント案では思惑が外れた。テキストマイニングだけでは問題点の抽出は無理と判断し新たに、提案する課題発見のプロセスとしてレビューを行った。ステップは以下の通りである。

- ①課題・解決策キーワードから事故を明確に見える形にするための表を作る。判断・判定の意味も持つデシジョンテーブルと命名する。
- ②デシジョンテーブルに事故再発防止報告書からデータを抽出し、プロットされたデータからルールまたは要因を取り出す手段として、ラフ集合法、多変量解析法を用いる。
- ③取り出された、ルール、または要因が事故再発防止策となり、現場が実行する(守る)ことで事故防止となるはずである。
- ④デシジョンテーブルは事故発生時の日報報告に追加資料として記入することでチェックリストにもなり事故の環境が明確になるとともに、分析に利用できる。
- ⑤デシジョンテーブルは時間とともに見直され、更改され、そこから新たな知見がなされ、ナレッジ化へと発展できる。

と、説明し了承を得た。

方針が軌道修正されたのを機に事故再発防止

プロジェクトの取り組みを再度確認した。

6.1 リスク・マネジメント支援

リスク・マネジメント支援のために、現状把握およびミッション、作業の方法の確認を行う(図5)。

(1) 改善要件

- ・書き方の標準化・用語の統一・フォーマットの再考・固有語登録・単語置換登録・ストップワード(削除語)登録

(2) キーグラフの見方, シナリオ創生

(3) キーワードの抽出……デシジョンテーブルの条件属性決め(以下デシジョン項目と記す)

(4) 条件属性の指標決め(以下カテゴリと記す)

(5) サンプルデータをテーブル化

(6) デシジョンテーブルの最適化

上記, 1, 2については作業続行とし, 3についてプロジェクトのメンバーとキーグラフを見ながら, 第1版のデシジョンテーブルの整合性を検討した。メンバーにて討議したことをキーグラフに入力し, チャンス発見で云う二重螺旋プロセスの実践を行い, デシジョン項目の決定, カテゴリの決定作業に入る。その結果デシジョンテーブルの第2版(表1)が作成された。

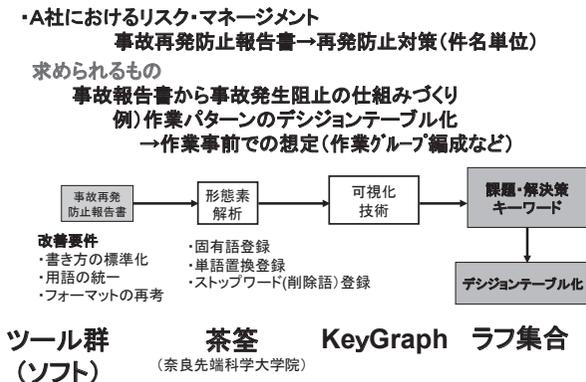


図5 リスク・マネジメント支援

表1 デシジョンテーブル (第2版)

事故報告時のデシジョンテーブル		2013.12 第二版						
2013年度								
項目	カテゴリ-1	カテゴリ-2	カテゴリ-3	カテゴリ-4	カテゴリ-5	カテゴリ-6	カテゴリ-7	
発生年月日	年 月 日		報告者:					
工程名	1:配列 8:殺菌・冷却	2:配合 9:包装	3:濃縮 10:出荷	4:検査 11:その他	5:殺菌 12:スタッフ	6:充填	7:密封	
作業者	1:自社	2:興産	3:協力	4:アルバイト				
作業人数	1:1人	2:2人	3:3人	4:4人	5:5人	6:5人以上		
作業経験年数	1:半年以内	2:1年以内	3:3年以内	4:5年以内	5:5年以上			
製造品目	1:1アイテム	2:2アイテム	3:3アイテム以上					
製造頻度	1:週1	2:週2以上	3:半月1	4:月1	5:半年1			
作業交替	1:なし	2:あり						
手順書	1:なし	2:あり						
チェック表	1:なし	2:あり						
チェック者	1:なし	2:あり						
作業者判断	1:なし	2:あり						
作業確認手段	1:なし	2:人	3:機械・分析	4:不明				
熟練度	1:低い	2:標準	3:高い				4:不明	
発生時間	1:スタート	2:午前	3:昼連	4:午後	5:二部	6:終了	7:不明	
発生曜日	1:日曜日	2:月曜日	3:火曜日	4:水曜日	5:木曜日	6:金曜日	7:土曜日	
事故発生	1:なし	2:あり						
準備項目	ライン停止時間	分						
	損失金額	円						
	前回発生年月日							
	コメント							

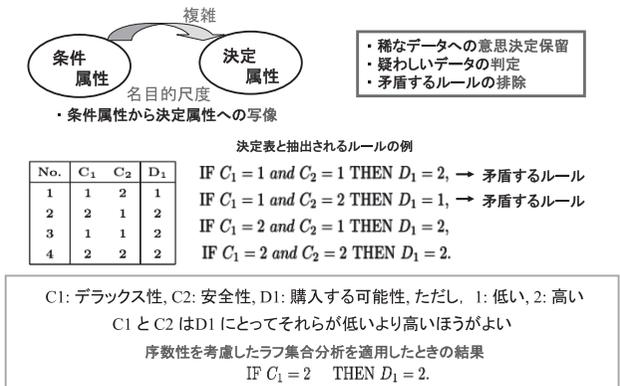


図6 序数性を考慮したラフ集合分析

6.2 序数性を考慮したラフ集合分析の提案

ルール抽出方法として序数性を考慮したラフ集合分析を提案し適用した。従来のラフ集合では矛盾したルールも抽出される可能性を秘めていた。これらを排除したアルゴリズムのラフ集合である (図6 詳細は論文を参照)。

次のような機能を備えている。

- ・ 稀なデータへの意思決定保留・疑わしいデータの判定
- ・ 矛盾するルールの排除

7. 報告書の分析への適用

A社では、過去の事故再発防止報告書をもとに、新たに作成された事故報告時のデシジョンテーブル (表1 参照) にサンプルとしてプロットしてみた。このデータを使用して、さらに目論んでいた課題発見からの新たな解決策を探るべく、分析を行った。分析には欠損値の少ない54件のデータを選び、分析し、分析結果の解析から、興味ある答えを得た。その報告と評価を

述べる。

7.1 回帰分析結果

(1) 項目の影響度分析

回帰分析で計算された回帰係数より全体の影響度を求めた。影響度分析結果のグラフ(図7参照)から、事故に影響の大きい項目は①作業経験年数、②発生時間、③熟練度、④発生曜日、⑤作業人数の順である。以上の結果はいたって常識的見解であり、誰もが常識的に感じている要因ではないかと思われる。

(2) 各カテゴリーの影響度分析

(1)で影響度の大きかった項目について、カテゴリー別影響度を計算してみた。以下の図となる。

①作業経験年数での影響度

図8より経験年数での影響度を見てみると、入社半年以内の作業者が事故を起こしている可能性が大である。これについても、いたって常識的な結果である。

②発生時間での影響度

図9より発生時間での影響度を見てみると、二部での事故が多い、また昼食後の午後と次に

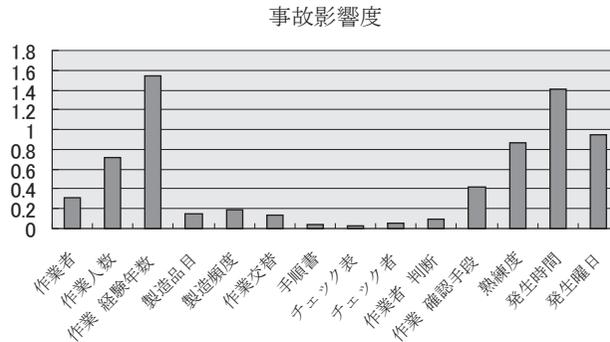


図7 影響度グラフ

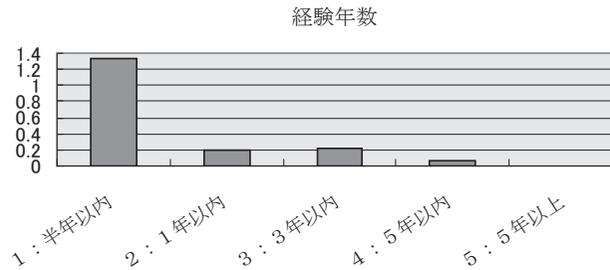


図8 経験年数別影響度グラフ

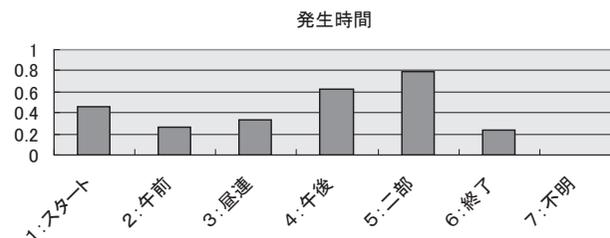


図9 発生時間別影響度グラフ

スタート時にも多い、このことは、午前の疲れ、および朝の緊張感不足が何らかの関連で影響しているものと思われる。

③発生曜日での影響度

図10より発生曜日での影響度を見てみると、月曜日、日曜日に事故を起こしている可能性が大である。月曜日は休み明けの気の緩みからの事故である可能性あり、また、日曜日は休日出勤でいやいや出勤のせいか、また、一週間の疲れが事故に繋がっているのかなどの解釈ができる。

7.2 提案するラフ集合分析

図11は提案ラフ集合のプログラムにて出力されたものである。ヒット率が100%程度であると思われる。解析データを見てみると①作業経験年数、②製造品目、③製造頻度、④熟練度、⑤発生曜日の5つの項目を示している。

7.3 SOM の適用

図12は自己組織化マップ (SOM) での損害発生した時の出力である。デシジョンテーブル

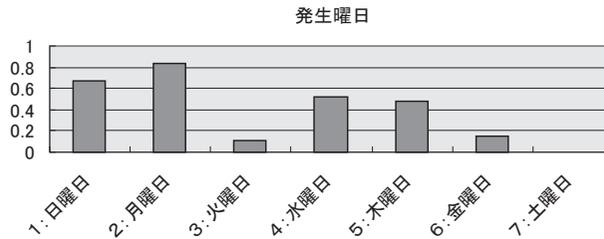


図10 発生曜日別影響度グラフ

```

Rule(1.000000).14364.1
1) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=1 0 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 1 (14)=0 1 0 0 0 0 0 THEN (2)=1
2) IF (3)=0 0 1 0 0 (4)=1 0 0 (5)=1 0 0 0 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 1 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 1 0 0 0 THEN (2)=1
3) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=1 0 0 (5)=1 0 0 0 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 0 1 0 0 THEN (2)=1
4) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=1 0 0 (5)=1 0 0 0 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 1 (14)=0 1 0 0 0 0 0 THEN (2)=1
5) IF (3)=0 0 1 0 0 (4)=1 0 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 0 0 1 0 THEN (2)=1
6) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=0 1 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 1 (14)=0 1 0 0 0 0 0 THEN (2)=1
7) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=0 1 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 1 (14)=0 1 0 0 0 0 0 THEN (2)=1
8) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=0 1 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 0 0 0 1 THEN (2)=1
9) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=0 0 1 (5)=0 0 0 0 1 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 1 0 0 0 THEN (2)=1
10) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=0 1 0 (5)=0 0 0 1 0 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 1 (14)=0 1 0 0 0 0 0 THEN (2)=1
11) IF (3)=0 0 0 0 1 (4)=1 0 0 (5)=0 0 0 0 1 (12)=0 1 0 0 (13)=0 0 0 0 0 0 0 (14)=0 0 0 0 1 0 0 THEN (2)=1
    
```

事故が
起きなかつた
時の
ルール

作業経験年数	製造品目	製造頻度	熟練度	発生時間	発生曜日
15年以上	17アイテム	月1	標準	不明	月曜
23年以内	17アイテム	週1	標準	午前	水曜
35年以上	17アイテム	週1	標準	不明	木曜
45年以上	17アイテム	週1	標準	不明	月曜
53年以内	17アイテム	月1	標準	不明	金曜

事故が
起きた
時の
ルール

作業経験年数	製造品目	製造頻度	熟練度	発生時間	発生曜日
15年以上	17アイテム	月1	標準	昼連	金曜
25年以上	27アイテム	月1	高い	不明	火曜日
35年以上	17アイテム	週1	標準	昼連	土曜
45年以上	17アイテム	週1	標準	スタート	金曜
55年以上	17アイテム	半月1	標準	不明	金曜

図11 提案するラフ集合分析結果

表2 SOMのためのデータ (一部サンプル)

作業経験年数	製造品目	製造頻度	手順書	チェック者	発生時間	発生曜日	事故2 認定
0.6	0.3	0.2	2	1	0.3	0.6	事故なし1
1	0.3	0.8	2	1	0.4	0.9	事故なし2
1	0.7	0.8	2	1	1.0	0.4	事故なし3
1	0.3	0.2	2	1	0.4	1.0	事故なし4
1	0.3	0.2	2	1	0.1	0.9	事故なし5

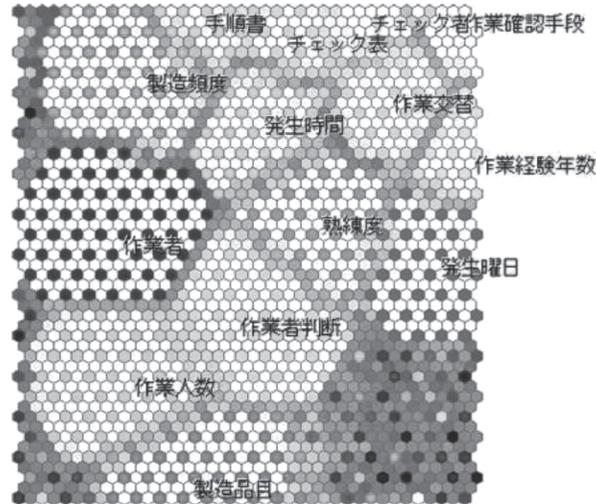


図12 自己組織化マップ (SOM) での損害あり時の出力

分析方法	回帰分析	提案ラフ集合	自己組織化マップ(SOM)
優位点	少ないデータでも結果が出せる、操作が簡単なので習熟度が高い。また、データ間の関連性から「ルール」を見出すことができる	確率的に高い「ルール」が抽出できるので、ポイントが明確となり、対応策が立てやすい	ビジュアルで表現できるので利用者にはわかりやすい
要検討	項目数、カテゴリー数が多くなると別途ソフトが必要となる	アイテム数、カテゴリー数が多くなると準じてデータ数も多く必要となる。 データ数 ≥ アイテム数 × カテゴリー数	カテゴリーの評価(重みづけなどで正規化)付けが必要
総合評価	総花的ではあるが常識的で納得できる結果が得られる	デシジョンテーブルの適正化で有効である	回帰分析との組み合わせ、ラフ集合との組み合わせで適用することで、説得力のある分析手法となる

図13 分析手法の総合評価

で設定したアイテム、カテゴリーに該当するデータを採用した。SOM での出力では右に表出している項目ほど損害の発生に影響が大きい項目となる。また、項目間で近い距離はお互いに影響しあう関係である。図7の最適な項目での影響度グラフと比べると、①発生曜日、②作業経験年数、③熟練度、④発生時間との関連は影響度順番と整合性がある。

8. 分析手法と結果の比較評価

図13に分析手法の総合評価を示す。A 食品会

社での検証にて3種類の分析手法を適用したが、結果は各々を補完できることが判明した。総合評価に記したように2つ以上の分析手法を組み合わせることでよりの確な分析結果が得られるものと考える。

9. A社での評価

A社担当者からは、事故を目で見える形になったとデシジョンテーブルを評価している。いままでは、事故再発防止報告書や、日々の事故報告からは、漠然とした様子しか理解できて

いなかった。

また、デシジョンテーブルでは、事故がプロットされ一覧表になると、その傾向が一目で把握ができる、例えば作業経験年数が半年以内の人が事故を多く起こしていることで、現場向けに早速、教育の計画を提案できる。回帰分析は手ごろで、品質事故の予防に役立ちそうとの見解である。

分析結果よりすぐに対処できそうなこととして次の事があげられた。

1. 品質事故が起きやすい曜日に注意喚起する。
2. 品質事故が起きやすい工程の作業状況、環境をよく把握する。
3. 実務者にどうすると作業が簡単で間違いが起こり難くなるか聞き取りをする。

また、出来難いこととして次の事があげられた。

1. 注意を持続させる。
2. 教育、指導の理解度合いの確認。
 - ・ KY シート（危険予知）の活用。
 - ・ 勉強会の実施（グループ）。
 - ・ 作業の確認、機械のなぜ？をナレッジ化する。
 - ・ 理解度を確認する（個人、e-learning の活用）。
3. 間違いやすい作業を見抜く目を養う。

以上を確認し今後に対する対処案を練っている段階である。

10. A 食品会社における評価と成果

A 食品会社では、分析結果より次の事があげられた。

- ①事故原因が目で見える形になったこと。
- ②デシジョンテーブルを工夫することで現場に適合した品質事故の要因分析ができること。
- ③原因が明らかになれば対応策の策定が可能なのが理解、確認できた。そのことによ

りデシジョンテーブルの設定アイテム、カテゴリーの見直しを現場主導で開始された。

また、次の課題の解決策として対策が取られた。

- ④事故再発防止報告書の不備の改訂。
- ⑤各工場への新たな取り組みとしての波及効果が大きいと評価している。

また、本部としての新たな取り組みとして、現場教育の重要性が顕著となり e-ラーニングを適用した教育のためのテキスト作りや品質事故の事例と対応策のデータベース化が順次実行されている。事例データベースは既に立ち上がり情報の共有化が進行している。まさに製造部門のイノベーションがはじまったのである。この間 2 年間に要し、現場部門への説明会は延べ十数回におよんだ。製造現場は絶対なる技術への自信を持ち、他人の口の差し挟む隙がない、ましてや外部からの事故についての言及は法度であったに違いない。

今回の取り組みでは具体的に事故構成要因が明確化されたことで、現場担当者の積年の知識が暗黙知から形式知へ表出化された瞬間でもあった。

11. 今後の課題

今後検討すべき課題について以下に述べる。本研究の連携先である A 食品会社での実証はこれからも継続しつつ、もっと現場に密着して磨きあげたいと考えている。

また、今後、広く産業界で利用できるように、考え方、アルゴリズムだけでは無理がある。それを乗り越えるためには、ソリューションとしてのシステム（ツール化）が必要である。

継続課題として次の事があげられる。

- ・ A 食品会社での実証検分を継続し、プロセス等の完成度を上げる。
- ・ 最適な分析手法の研究を行う。

短期課題として次の事があげられる。

- ・ ソリューションとしてのシステムの完成度

を上げる。

- ・他の業種での適用推進を行うために、業種別デシジョンテーブルの標準テンプレートの作成と提供を行う。

候補として

①医療業界

医療事故は後を絶たない、命をあずかる医療機関では、医療事故は起こしてはならないことである。その意味では大変やりがいのある業界と考える。

②建設業界

もう古い話題になったが、世間を騒がせたのが耐震偽装問題である。以前から建築業界では、いろんな不祥事を起こしている。また、現場では同じ事故の繰り返しが発生している。(例クレーン車の転倒事故など) その原因を解明し、対策のために適用を推進したい。

願いは産業界への恩返しを早い時期に行いたいということである。これを、大きな課題だと認識し、これからは、そのために努力していきたい。

注

- 1) 松本祐治：形態素解析システム『茶筌』Version 2.3.3 使用説明書 (2003)
- 2) 大澤幸生, ネルソ・ベンソン, 谷内田正彦：KeyGraph 単語共起グラフの分割・統合によるキーワード抽出, 電子情報通信学会論文集誌, j82-D1, No. 2, pp. 391-400 (1999)
- 3) 奥原浩之, 松原行宏, 杉原一臣, 石井博昭：感性評価のための属性の序数性を考慮したラフ集合によるルール抽出, 電気情報通信学会論文集誌, Vol. J87-A, No. 7, pp. 1045-1053 (2004)

参考文献

Shujiro Murayama, Koji Okuhara and Hiroaki Ishii: [Problem Discovery Framework by Text Mining from Accident Reports at Manufacturing Site], Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering-Theory, Applications and Practice Nago-ya, Japan (October 24-27, 2006) pp. 835-840 (2006)
Shujiro Murayama, Koji Okuhara and Hiroaki Ishii:

Risk Management by Problem Discovery Framework from Accident Report, Proceedings of the 12th Asia Pacific Management Conference, in CD-R (ISBN: 974-8257-30-4), pp. 259-262, Bangkok, Thailand (November 17-19, 2006)

Koji Okuhara, Shujiro Murayama and Hiroaki Ishii: Expansive Rule Construction for TextMining with Large Scale Data, Proceedings of the 11th Asia Pacific Management Conference, in CD-R, pp. 3D4-1-3D4-4, Tainan, Taiwan, (November 18-20, 2005)

赤池弘次, 甘利俊一, 北川源四郎, 他: 赤池情報量基準 AIC, 共立出版 (2007)

上田太郎: 相関があるかを見つける簡便法, オペレーションズ・リサーチ, (1997.7), pp. 493-496

上田太郎: Excel でできるデータマイニング入門, 同文館 (2001)

上田太郎, 小林真紀, 湖上美喜: Excel で学ぶ回帰分析入門, オーム社 (2004)

大澤幸生 (編者), 他: チャンス発見の情報技術, 東京電機大学出版 (2003)

大澤幸生: ビジネスチャンス発見の技術, 岩波アクティブ新書 (2004)

大澤幸生: チャンス発見のデータ分析, 東京電機大学出版 (2006)

構造計画研究所: KeyGraph 手法によるキーワード抽出アプリケーション (無償版) 操作マニュアル 第1.4版 (2003)

T. コホネン (著), 徳高平蔵, 大藪又茂, 堀尾恵一 他監修: 自己組織化マップ (改定版), シュプリンガー・ジャパン (2007)

J. A. シュムペーター: 経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究 (上・下), 岩波文庫

砂山 渡, 大澤幸生, 谷内田正彦: KeyGraph, 発見科学とデータマイニング, pp. 45-53, 共立出版 (2000)

高橋智弘: リスク・マネジメント入門, 日経文庫 (1997)

徳高平蔵, 大北正昭, 藤村喜久郎: 自己組織化マップとその応用, シュプリンガー・ジャパン (2007)

P. F. ドラッカー: イノベーションと企業家精神 (ドラッカー名著集), ダイヤモンド社 (2007)

ジョエル・バーカー: パラダイムの魔力, 日経 BP 出版センター (1995)

一橋大学イノベーション研究センター編: イノベーション・マネジメント入門, 日本経済新聞社 (2001)

マイケル J・A・ベリー, ゴードン・リノフ: データマイニング手法 (2 訂版), 海文堂書店 (2005)

森 典彦, 田中英夫, 井上勝雄: ラフ集合と感性, 海文堂出版株式会社 (2004)