J112014

操業知識マネジメントにおける トラブル報告書のテキストマイニングに関する研究* (連続 casting プロセスにおける操業知識マネジメントの研究)

青山 和浩^{*1}, 澤田 崇弘^{*2}, 古賀 毅^{*3}, 屋地 靖人^{*4}, 森 純一^{*4}

Text Mining Approach of Trouble Report to Manage Operation Knowledge for Continuous Casting Process (Discrete Model of Continuous Casting Process for Management of Operation Knowledge)

Kazuhiro AOYAMA^{*1}, Takahiro SAWADA^{*2}, Tsuyoshi KOGA^{*3},
Yasuhito YAJI^{*4} and Jyunichi MORI^{*4}

^{*1} The University of Tokyo, Dept. of Systems Innovation
Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656 Japan

We have been researching to develop a supporting system for enabling safe operation based on the cognitive model that is about the complex casual relationship of the state of facilities and steel for the continuous casting process. This research aimed to propose the text mining methods for updating and maintaining the cognitive model for the continuous casting process using accident trouble reports. Three kinds of description model are proposed as an inputting model from trouble reports. State Diagram and Causal Relationship Diagram are used to describe them from the detail and holistic viewpoint. This research arranged a flow of text mining and proposed new method that can suggest the necessary information for updating the model of continuous casting process by making and defining those models stage by stage.

Key Words : Text Mining, Engineering Knowledge, Knowledge Management, Continuous Steel Casting

1. はじめに

世界的な競争が激化している製鉄業では、技術力の優位性や製造プロセスの安定性が重要であるが、製鉄の安定操業は熟練者の経験に基づく暗黙的知識に依存しているという問題がある。団塊世代である熟練者の一斉退職は操業知識の流出が深刻化している状況において、個々の熟練者の経験知として存在する暗黙的な操業知識を組織全体の知識として共有することが望まれている¹⁾。

著者らは、製鉄所の casting プロセスを対象とし、作業者の暗黙知を計算可能な知識へと体系化する研究をすすめている。作業者の設備・鋼の状態に対する認知を Petri-Net を用いて離散的・定性的に表現した連続 casting プロセスモデル（以降、連铸モデルと呼ぶ）を提案し、プロトタイプシステムを構築している²⁾。この研究を現実に有効活用するためには、新しい暗黙知を収集し、操業知識へと変換して蓄積する仕組みが必要であるとの認識を有している。本論文は、操業者の暗黙知が文書として表出化したトラブル報告書を利用して、操業知識を体系化したものである連続 casting プロセスモデルの更新方法に関する研究を報告する。

2. 連続 casting プロセスモデルへの変換

本研究の目的を達成するために、トラブル報告書の内容と連铸モデルに記述された設備と鋼に関する知識を同

^{*1} 正員, 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

^{*2} 非会員, 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻

^{*3} 正員, 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 (現 山口大学 工学部 機械工学科)

^{*4} 非会員, 新日本製鐵株式会社

E-mail: aoyama@sys.t.u-tokyo.ac.jp

Fig.1 Overview of a Flow of Text Mining for Knowledge Description

じ形式で表現することが可能な中間のモデルを作成した。そのモデルにトラブル報告書の内容と連铸モデルに記述された設備と鋼の状態遷移に関する情報の両方を記述し、比較することで連铸モデルのモデル更新が支援可能であると考えた。

2・1 モデル更新の流れでの中間モデル

本研究では、トラブル報告書を入力とし、連铸モデルとの間に以下の三つのプロセスを挟むことを提案する(図1)。これらの三つの中間プロセスは、全て状態・状態遷移・など一つの意味を表すまとまりである「命題」と、その「命題」同士の関係を定義することでトラブルの内容をフローチャートで表現したものである。

- ① 命題関連図 (Phrase Diagram) : 報告書の文章を命題に区切って矢印でつないでフローチャートで表現した図
- ② 集約命題関連図 (Standardized State Diagram) : 複数の命題を集約し、トラブルの発生を命題の連結によって表現した図
- ③ 状態遷移図 (State Diagram) / 補完状態遷移図 (Complementary State Diagram) : 連铸モデル上に定義する設備と鋼の状態のみを用いてトラブルにおける状態遷移を表現したもの

2・2 命題と命題間の関係

自然言語によって記述表現された内容から、命題とその関係によってトラブルの内容を抽出することは重要な処理となる。図2に命題関連図の概念を示す。表1に表現方法の相違を示し、提案手法の全体像を図3に示す。

状態遷移図と連铸モデル上での記述の対応関係を利用し、状態遷移図に連铸モデルから情報を補完することで、報告書の内容と連铸モデルの内容が比較可能となる。各中間プロセスにおいて、定義可能な命題と命題の関係の種類を以下のように定めた。また、トラブル報告書と命題関連図から自然文に存在する表現のゆらぎを除去し、集約命題関連図、状態遷移図でトラブルの内容を計算機理解可能とするため、集約命題関連図、状態遷移図で使用可能な命題を予め準備したリストを以下の二種類作成した(表2)。

- A) 連铸モデルと対応させた命題のリスト
- B) 連铸モデルと対応させていない命題のリスト

計算機上に定義する命題は Petri-Net を用いた連铸モデル上の記述と対応付けることが可能である。A) は状態遷移図に、B) は集約命題関連図と状態遷移図に使用する。

Fig.2 Relationship Chart of Phrase

Table 1 Differences between Continuous Casting Process and Trouble Reports

	Category	Difference	Trouble report (text)	Continuous Casting model (Petri Net)
1	description	phrase connection	Text e.g.) we could eliminate nozzle closing by pecking nozzle.	Describe states relationships by connection e.g.) pecking nozzle → nozzle normal
2	description	Level of detail	free e.g.) (temperature was) high, very high, T=00	Fixed, discrete e.g.) temperature : high, middle, low
3	description	Granularity of description	Multiple states can be described by one phrase e.g.) 'breakout' risk is high	Multiple state must be distributed into multiple states e.g.) high temperature + high casting speed
4	content	phrase category	Operation, timing, judgement e.g.) 10 minutes after casting started...	Only states of equipment and iron e.g.) high temperature, equipment failure
5	content	State category	States only in the trouble e.g.) high temperature	All states of the continuous casting model is defined.

3. 提案手法の検証と考察

過去のトラブル報告書を用いて、実際に命題関連図、集約命題関連図、状態遷移図を作成し、提案手法の検証を行った。その結果、トラブル報告書から命題と命題を五種類の関係で定義した命題関連図を作成し、命題関連図から命題のリストを用いて表現のゆらぎを除去した集約命題関連図を作成し、集約命題関連図から連铸モデルに記述する設備と鋼の状態のみを記述した状態遷移図を作成した。さらに、状態遷移図上に連铸モデルから情報を補い、連铸モデルに情報を追加することが出来た。しかしながら、以下の課題が残った。

課題 1) 計算機用表現図をトラブル報告書と等価の情報として利用するには、時間に関する情報（特に前後関係）が把握しにくい。課題を解決するには、同じ時刻の出来事を纏めて記述する等、記述形式に工夫が必要である。

課題 2) 連铸モデル上に既に記述されていた情報では説明がつかないトラブルが多く、状態遷移図に補完可能な情報が少なかった。連铸モデルの記述内容が十分ではないことに起因する課題である。その解決には作業者の暗黙知や操業マニュアルなどの通常操業の知識をヒアリングなどの実施などによってモデルに記述する必要がある。

課題3) 連铸モデルから補完する情報が膨大となる。上記課題2を解決し、連铸モデルの情報が充実すると予想される問題である。トラブルで発生した状態と関連性の高い状態を優先的に状態遷移図に補完し、作業者に提示するアルゴリズムの構築が必要である。

4. まとめと展望

製鉄所の連続铸造プロセスを対象に、操業トラブル報告書として表出化した操業知識を計算機が処理可能な形式で整理・蓄積する方法を提案した。作業者の手間を省略するために集約命題関連図を作成するプロセスを計算機支援すること、連铸モデルに通常操業の情報を記述すること、連铸モデル情報が複雑になったとき、状態遷移図に補完する情報を取捨選択するアルゴリズムを構築することなどが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- (1) 野中郁次郎, 竹内弘高: 知的創造企業, 東洋経済新報社 (1996)
- (2) 石川朝彦: 操業知識管理のための铸造プロセス離散モデリング, 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻修士論文 (2009)

Fig.3 Holistic Process Flow of Proposed Text Mining and Knowledge Describing Method

Table 2 Examples of Extracted Phrase from Trouble Reports

(1) List of Phrase which are Standardized and Related

to Continuous Casting Model

Phrase	Stage	Attribute	State
bubbling on	MDResource	Bubbling	on
bubbling off	MDResource	Bubbling	off
bubbling machine failure	MDResource	bubbling machine	failure
plasma heat on	MDResource	plasma heat	on
plasma heat off	MDResource	plasma heat	off
plasma heat machine failure	MDResource	plasma heat	failure
MD temprature high	MDIron	temperature	high
MD temprature normal	MDIron	temperature	normal
MD temprature low	MDIron	temperature	low
Viscosity in MD is normal	MDIron	viscosity	normal
Viscosity in MD is high	MDIron	viscosity	high
Nozzle closing	nozzleResource	nozzle	closing

(2) List of Phrase which are not related to Continuous Casting Model

Phrase	Category	Other Descriptions
Casting start	timing	
Immediately stop closing	operational judgement	
nccc → mccc cast change	operational judgement	reduce the number of cast
Casting of (Nth)Charge	timing	
Nozzle pre-heating finished	timing	
After (Nth)Charge finished	timing	
forget to change 'nozzle level'	mistake	
Need much time to find disorder	mistake	
Cast composition change	operational judgement	
TD pre-heating	operation	Started TD heating
pecking nozzle by oxygen	operation	
Continue casting	operational judgement	Din not stop casting
XX XX	timing	