

機械学習を用いた発話分析による

プロジェクトマネジメントの QCD 合意形成支援方法の提案と評価

2015SE057 中村 琢人 2016SE069 佐藤 千咲輝

指導教員 青山 幹雄

1 研究背景と研究課題

1.1 研究背景

ソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントにおいて QCD (Quality, Cost, Delivery) は主要な管理対象である。QCD はトレードオフの関係にあり、優先度を決定することが必要である。また、プロジェクトを成功へと導く要因として、ステークホルダが共通の認識を持つことが挙げられる。しかし、ステークホルダの役割の違いから QCD の認識は異なることが多い。したがって、ステークホルダがプロジェクトの QCD を認識し、合意形成することが必要となる。

1.2 研究課題

本研究では、以下の 2 点を研究課題とする。

- (1) 会議の発話から機械学習を用いて QCD を可視化
- (2) 提案方法を実プロジェクトの発話データに適用し、妥当性と有効性を示す

2 関連研究

2.1 深層学習

機械学習の一種であり、多層 NN(Neural Network) で構成されている。入力データより特徴量を学習する。深層学習には、問題に応じて RNN や LSTM などの NN を用いる。

2.2 発話意図分析を用いたステークホルダ分析

ステークホルダ分析とはステークホルダを特定し、ステークホルダ同士や、ステークホルダと要求間を分析する技術である[2]。発話意図とは発話者が発言内容に対して託した意図である。

先行研究[1]では発話意図を文末の 4 単語とその品詞から 6 項目の発話意図を定義し、それらに重みをつけてステークホルダを分析する方法を提案している。

3 アプローチ

ソフトウェア開発において、プロジェクトの方針や QCD に対する優先度の認識は会議によって形成される。会議におけるステークホルダの発話は、ステークホルダの QCD 認識を表明しているとみなすことができる。この点に着目した本研究のアプローチを図 1 に示す。

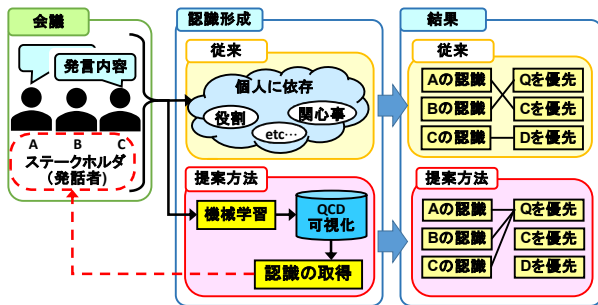


図 1 アプローチ

本研究では、機械学習を用いて発話内容から QCD を可視化し、ステークホルダ間での QCD の認識の統一を支援するアプローチをとる。

4 提案方法

4.1 発話分析のメタモデル

発話分析に関する概念を図 2 のメタモデルに示す。

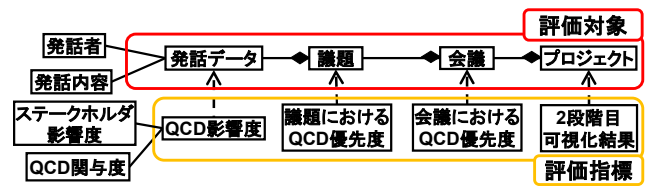


図 2 発話分析のメタモデル

4.2 提案プロセス

本研究での全体の提案プロセスを図 3 に示す。



図 3 提案プロセス

4.3 前処理

発話データに対して、以下の四つの処理を行う。

- (1) 発話データを発話者と発話内容に分割
- (2) 発話文に形態素解析
- (3) データ分割
教師データと分析対象データに分割する。
- (4) 教師ラベル付与
教師データに発話意図ラベルと各 Q, C, D の要素の存在の有無を示すラベル付けを行う。

4.4 発話意図分類

ラベル付き発話データの各発話文の文末 4 単語の品詞から、ランダムフォレストを用いて、発話意図を分類するモデルを生成する。

生成した分類モデルを用いて分析対象データに対して発話意図分類を行う。分析対象データに発話意図分類結果を付与したものを発話意図付与済み分析対象データとする。

4.5 QCD 関与度分析

QCD 関与度とは、一つの発話に対して各 Q, C, D が関与する度合の指標である。

ラベル付き発話データを LSTM で学習させ、各発話文が Q, C, D 毎に関与するか否かを判別する三つのモデルを生成する。

生成したモデルを用いて、発話意図付与済み分析対象データを分析する。出力は各発話文が各 Q, C, D に関与する確率である。この確率を QCD 関与度と定義する。分析対象データに QCD 関与度を付与したものを関与度付与済み分析対象データとする。

4.6 ステークホルダ影響度分析

ステークホルダ影響度とはステークホルダが議題における QCD の優先度に与える影響の大きさを示す指標である。ステークホルダ毎に算出する。ステークホルダ影響度はステークホルダが発話した発話意図の議題毎の平均値である。発話意図の重みは表 1 に示す。

表 1 発話意図重み

発話意図	三段階重み	重み
報告	大	25
返答	小	10
受入	大	25
問い	小	10
要望	中	15
示唆	中	15

4.7 QCD 影響度評価

QCD 影響度を式(1)で定義する。発話がプロジェクトの QCD に与える影響の大きさを示し、発話毎に求める。

$$E_k = \begin{pmatrix} e_k^q \\ e_k^c \\ e_k^d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_k \\ c_k \\ d_k \end{pmatrix} \times S_{ik} \quad (1)$$

E_k : 発話 k のQCD 影響度,

S_{ik} : 発話 k の発話者 i の意図 j のステークホルダ影響度,

e_k^q : 発話 k のQ の影響度, q_k : 発話 k のQ の関与度,

e_k^c : 発話 k のC の影響度, c_k : 発話 k のC の関与度,

e_k^d : 発話 k のD の影響度, d_k : 発話 k のD の関与度

QCD 影響度を評価後、議題毎の QCD の優先度を分析するため、議題に含まれる QCD 影響度の平均を議題における QCD 優先度として算出する。

4.8 QCD 影響度可視化

前節で評価した QCD 影響度を 2 段階で可視化する。

(1) 1 段階目

議題単位で 3 次元プロットと度数分布で可視化する。3 次元プロットは議題中の全発話の QCD 影響度をプロットする。度数分布は Q, C, D 毎で表示する。QCD 優先度の値は 3 次元プロットでは赤色の星印で表示し、度数分布では赤線で表示する。

(2) 2 段階目

プロジェクト単位で可視化を行う。横軸に会議回をとる。会議に含まれる議題における QCD 優先度の平均を会議における QCD 優先度とし、折れ線グラフで表示する。

5 プロトタイプの実装

5.1 目的

プロトタイプを実装し、実プロジェクトの発話データに適用することで、提案方法の妥当性と有効性を評価する。

5.2 プロトタイプの構成

プロトタイプの構成を図 4 に示す。

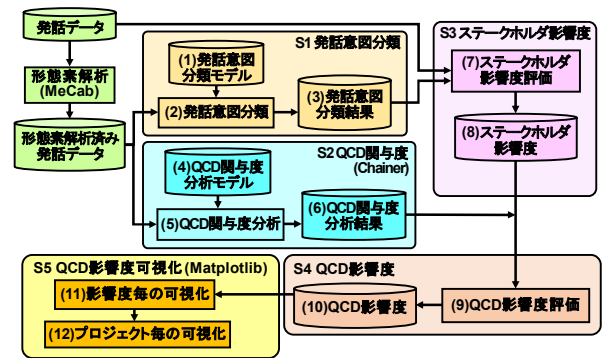


図 4 プロトタイプの構成

6 実プロジェクトの発話データへの適用

6.1 実プロジェクトの発話データへの適用の目的

次の二つの実プロジェクトの発話データに提案方法を適用し、妥当性評価と有効性評価を行う。

- (1) 進行中のプロジェクト 1
- (2) 失敗したプロジェクト 2

6.1.1. 妥当性評価方法

QCD 影響度と成功プロジェクトの関係から考えられる 2 点の特性を以下に示す。プロジェクト 1 と 2 に提案方法を適用し、特性を比較し妥当性を評価する。

- (1) Q の影響度と C, D の影響度間の相関

QCD はトレードオフの関係にあるので、最も重要とされている Q の影響度が C と D の影響度と相関関係にある。

- (2) プロジェクト進行に伴う C の影響度の推移

プロジェクトの終わりに近づくほど C の議論は収束するため、C の影響度の増減率はマイナスになる。

本研究の二つの分析対象データは会議の回数が異なり、最後の会議を含んでいないため、増減率の平均を用いて評価する。

6.1.2. 有効性評価方法

提案方法によって、共通認識の形成支援に有効かアンケートを用いて評価する。アンケートではプロジェクト毎に最も発話数が多い議題を対象とする。

被験者 5 人に対し、次の二つのデータから QCD の優先度の順位と、議論の活発度の順位について回答してもらう。

- (1) 議題の発話データ
- (2) 同じ議題の 1 段階目の可視化結果

QCD の優先度の順位は議題における QCD 優先度から、議論の活発度の順位は QCD 影響度の標準偏差から降順につけ、アンケートの回答結果との一致率を求める。上記の (1) に対し (2) の一致率が高いことを確認する。

6.2 適用対象データ

適用対象データの発話数と用途を表 2、表 3 に示す。

表 2 プロジェクト 1 のデータ用途

会議回	発話数	用途
1-4	601	教師データ
5-9	814	分析対象データ

表 3 プロジェクト2のデータ用途

会議回	発話数	用途
1~10	1,435	教師データ
11~12, 25~28	886	テストデータ
13~24	2,520	分析対象データ

6.3 教師ラベルのデータ数

教師ラベルの内訳を表 4 と表 5 に示す。

表 4 発話意図分類の教師ラベル内訳

用途	報告	返答	応答	問い	要望	示唆
訓練データ	885	262	21	500	241	118
テストデータ	299	129	9	225	97	125

表 5 QCD 関与度分析の教師ラベル内訳

用途	Qの関与度	Cの関与度	Dの関与度
訓練データ	842	74	292
テストデータ	315	26	78

7 プロトタイプの適用結果と評価

図 5 から図 8 に 1 段の階目可視化結果を、図 9 と図 10 に 2 段階目の可視化結果を示す。

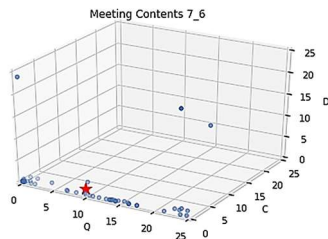


図 5 プロジェクト1 1段階目の可視化(3次元プロット)

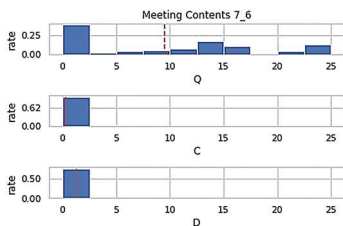


図 6 プロジェクト1 1段階目の可視化(度数分布)

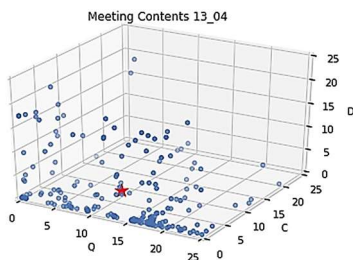


図 7 プロジェクト2 1段階目の可視化(3次元プロット)

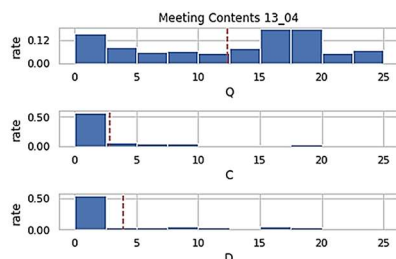


図 8 プロジェクト2 1段階目の可視化(度数分布)

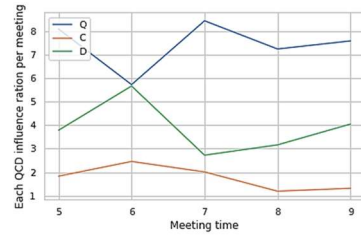


図 9 プロジェクト1 2段階目の可視化結果

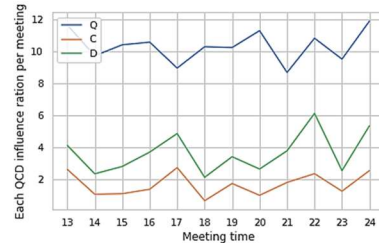


図 10 プロジェクト2 2段階目の可視化結果

7.1 妥当性評価

7.1.1. Qの影響度とC,Dの影響度間の相関に基づく評価

図 9 と図 10 で可視化した値を基に Q と C, D の影響度の相関関係を評価する。プロジェクト毎に各 Q, C, D 間の相関係数を表 6 に示す。相関があるセルを赤色で示す。

プロジェクト 1 では Q の影響度と C, D の影響度間の関係はともに負の相関となっている。しかし、プロジェクト 2 では Q の影響度と C, D の影響度間の相関は見られない。

以上より、妥当性評価の 6.1.1(1)の特性から進行中のプロジェクト 1 は成功プロジェクトとして判断でき、失敗プロジェクト 2 では成功プロジェクトではないと判断できる。

表 6 影響度間の相関係数

相関	プロジェクト1	プロジェクト2
QとCの影響度	-0.4	0.2
QとDの影響度	-0.9	0.2
CとDの影響度	0.6	0.9

7.1.2. プロジェクト進行とCの影響度の推移からの評価

図 9 と図 10 で可視化した C の影響度の値を基にプロジェクト 1 とプロジェクト 2 の C の増減率を求める。増減率は前回の会議を基に増減した C の影響度の割合である。増減率の推移を図 11 と図 12 に示す。

増減率の平均値はプロジェクト 1 は -0.032, プロジェクト 2 は 0.234 となる。

よって、進行中のプロジェクト 1 では C の議論が収束傾向にあり、失敗したプロジェクト 2 では C の議論が収束していないことが推定できる。以上より、妥当性評価の 6.1.1(2)の特性から進行中プロジェクト 1 は成功プロジェクトと判断でき、失敗プロジェクト 2 は成功プロジェクトと判断できない。

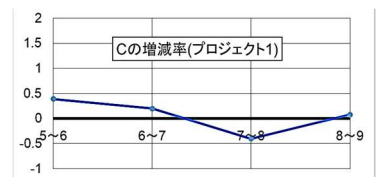


図 11 プロジェクト1 Cの増減率

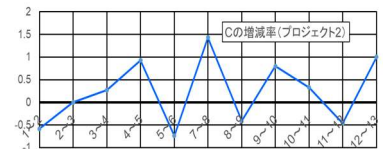


図 12 プロジェクト2 Cの増減率

7.2 有効性評価

提案方法で算出した QCD 優先度と議論の活発度の順位と、アンケート回答結果との一致率を表 7 に示す。議題と可視化を比べ一致率が高い方のセルを赤色にしている。

表 7 提案方法とアンケートの一致率

	質問	議題	可視化
プロジェクト 1	QCD 優先度	0.67	0.87
	活発度	0.73	0.87
プロジェクト 2	QCD 優先度	0.20	0.87
	活発度	0.40	1.00

アンケート回答結果より、プロジェクト 1、プロジェクト 2 の QCD の優先度の順位と議論の活発度の順位において議題のみから回答した場合と、提案方法を適用した可視化結果から回答した場合を比較する。提案方法の可視化結果を用いた場合は回答の一致数が増えている。

これは提案方法の可視化によって共通認識が形成されたことを示している。よって、提案方法は共通認識形成の支援方法として有効であると言える。

8 考察

8.1 研究課題に関する考察

提案方法はプロジェクトマネジメントにおいて必要である QCD の優先度を会議の発話から獲得することが可能となり、共通認識形成の支援に繋がる。その 2 点の根拠を以下に示す。

- (1) 会議の発話から機械学習を用いて QCD を可視化

本研究で提案したプロセスを実際の発話データに適用し、QCD 影響度として可視化した。その可視化結果は QCD の特性を抽出できることを示した。

- (2) 提案方法を実プロジェクトの発話データに適用し、妥当性と有効性を示す

QCD 影響度と成功プロジェクトの特性から妥当性を、アンケートの実施で QCD 優先度の共通認識形成に対しての有効性を示した。

8.2 発話と Q の影響度との関係

本研究の可視化の 2 段階目は、会議毎の QCD 影響度の平均を可視化している。他にも可視化の 2 段階目にあたるプロジェクト毎の可視化で会議毎の QCD 影響度の合計を発話数と共に表示した。その結果を図 13 に示し、QCD 影響度と発話数の相関係数を表 8 に示す。図 13 において、左はプロジェクト 1 を、右はプロジェクト 2 を示している。

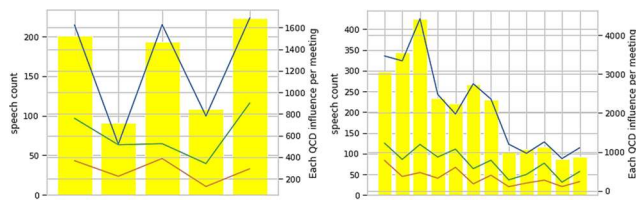


図 13 会議回の QCD 影響度と発話数の推移

表 8 発話数と QCD の相関係数

	Q	C	D
プロジェクト 1	0.99	0.78	0.80
プロジェクト 2	0.99	0.60	0.79

表 8 からプロジェクト 1 とプロジェクト 2 共に発話数と Q の影響度の相関係数は 0.99 であり、ほぼ完全な相関関係があると言える。

本研究では発話が QCD 影響度を持つと定義しているため発話と各 Q, C, D の影響度は正の相関関係があると仮説を設定していた。正の相関は認められたが Q, C, D の要素により表 8 で示す違いがあった。この違いは、QCD の中で Q が最も重要と認識していることが推定できる。

8.3 提案方法を用いたプロジェクトの失敗の回避支援

8.3.1. 単一会議への適用

7.2 で行ったアンケート回答結果で六つの質問中五つに対して最も回答者数が多い順位が、失敗したプロジェクト 2 の議題だけ読んだ際に得る順位と提案方法で示す順位の認識が異なる結果となった。

このことから、失敗プロジェクトでは共通認識の差が要因であると推定できる。

会議に出席しているステークホルダが提案方法の可視化を利用し、共通認識の形成を図ることが可能となる。

8.3.2. 複数回会議への適用

7.1 から失敗プロジェクトは次の 2 点の特性が明らかになった。これらの特性を認識することが、プロジェクトの失敗の回避に繋がると期待できる。

- (1) Q の影響度と C, D の影響度の相関が低い
- (2) C の議論はプロジェクトが進行しても収束しない

9 今後の課題

- (1) 可視化の改善
- (2) 他のプロジェクトに対しての適用

10 まとめ

ソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントにおいて QCD 優先度の認識を一致させることが重要である。しかし、実際にステークホルダの役割が異なるため認識を一致させることは困難である。

そこで本研究では、発話データに機械学習を用いて QCD の特徴量を抽出し、QCD がどのように議論されていたのかを可視化することで共通認識の形成を支援する方法を提案した。可視化は 2 段階で行い、1 段階目は議題毎、2 段階目はプロジェクト毎に行った。

進行中プロジェクトと失敗プロジェクトの発話データに対し提案方法を適用し、妥当性と有効性を評価した。

謝辞: 実プロジェクトの発話データを提供頂いた伊藤忠テクノソリューションズ株式会社の野村典文氏に感謝する。

11 参考文献

- [1] 藤本 玲子 ほか, セマンティックグラフモデルによるデータ駆動要求獲得方法の提案とステークホルダ分析への適用評価, 情報処理学会 SES2016 論文集, Aug, 2016, pp. 179-186.
- [2] JISA REBOK 企画 WG(編), 要求工学知識体系(REBOK), 第 1 版, 近代科学社, 2011.
- [3] 岡谷 貴之, 深層学習, 講談社, 2015.
- [4] R+, 相関係数の意味と解釈, http://rplus.wb-nahce.info/statsemi_basic/sokankeisu.html.