

(30) 共同企業体のための技術情報に基づく

マッチング指標の抽出に関する研究

Research for Extracting Matching Index Based on Technical Information for Joint Venture

山本雄平¹・中村健二²・田中成典³・寺口敏生¹

Yamamoto Yuhei, Nakamura Kenji, Tanaka Shigenori, and Teraguchi Toshio

抄録：土木建設業界では、大規模構造物の施工時に、しばしば複数の企業が提携し共同企業体を形成する。しかし、企業提携を行うためには、企業の提携実績や企業が保有する技術に関する情報など、様々な情報を解析し、相応しい企業を選定する必要がある。そこで、Web ページのリンク構造の解析結果や自然言語処理による Web コンテンツの解析結果を基に提携候補の企業を評価する手法が研究されている。しかし、既存手法では、技術情報などの提携するメリットが考慮できない問題がある。そこで、本研究では、事業実績から求めた企業の技術区分と企業間の共同実績を基に企業間関係を評価する。そして、評価結果を基に、共同企業体を形成する際に適した企業をマッチングする指標について再検討した結果を報告する。

キーワード：共同企業体，データマイニング，企業間関係，工事実績情報

Keywords：Joint Venture, Data Mining, Customer Relationship, Construction Records Information

1. はじめに

近年の技術開発の進展により、土木建設業界における施工内容は複雑化の一途を辿っている。これに伴い、受注する企業に求められる技術も多様化しており、単体で要求技術水準を満たせる企業は、数少ないのが現状である。そこで、大規模かつ技術難度の高い工事の入札時には、複数の企業が提携し共同企業体 (JV: Joint Venture) を形成する事例が増加している。共同企業体とは、事業規模や技術力などを相補するために、複数の企業が提携して形成される一時的な事業組織体のことである。しかし、提携する企業を選定する基準は多様であり、その評価は人が目視して確認する必要があるため、発生するコストが問題となる。このため、共同企業体として適切な企業選定を支援する研究がなされている。

共同企業体の形成を支援する既存研究では、企業の Web ページ間に張られたリンク構造から企業間関係を分析する研究^{1,2)}や、自然言語処理を用いて企業間関係を抽出する研究³⁾が行われている。これらの既存研究では、あらかじめリンク構造や企業名の共起情報などから対象同士の関係度を過去の共同企業体形成実績などと組み合わせて評価する手法が試みられている。しかし、共同企業体を形成する提携企業の選定に際しては、事業規模や保有している技術、施工に必要な知識の有無など、様々な情報を統合して判断する必要がある。既存手法では、これらの諸項目について評価しないという問題がある。

そこで、本研究では、共同企業体の形成の支援を自

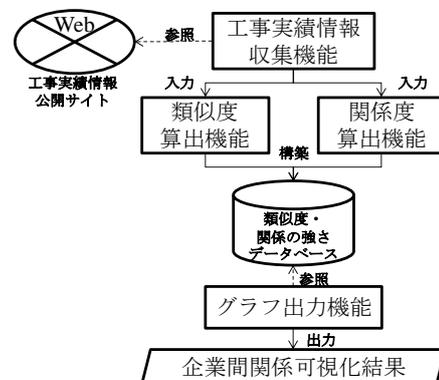


図-1 本提案手法の概要

的として、技術情報や受注履歴などを解析する東井ら⁴⁾の手法を基に、企業間関係を評価する新たなマッチング指標の抽出を試みる。

2. 研究の概要

本研究では、各企業が保有する技術情報や共同企業体の形成実績を基に企業間関係の評価を試みる。その上で、これらの評価結果を分析し、共同企業体形成に有用な企業間関係のマッチング指標を抽出する。

本提案手法の概要を図-1に示す。まず、各企業の工事実績から保有する技術情報を取得する。企業が保有する技術情報は、過去に担当した工事の内容から分かる。このことから、本研究では、各企業が過去に担当した工事で必要となる工法を技術情報として扱うものとする。次に、各企業の保有する工法を基に、企業間のコサイン尺度⁵⁾を算出する。ここで算出したコサイン尺度は、企業間の類似

1: 非会員 関西大学大学院 総合情報学研究科

(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町二丁目一番一号, Tel:072-690-2154, E-mail:yamamoto@kansai-labo.co.jp)

2: 正会員 博士(情報学) 大阪経済大学 准教授 情報社会学部

3: 正会員 工博 関西大学 教授 総合情報学部

度と定義する。これに加えて、対象企業間の過去の共同企業体の形成実績により企業同士の関係の強さを評価する。ここで算出した関係の強さは、企業間の関係度と定義する。そして、提携候補の全企業を企業間の類似度と関係度との2軸の直交座標系に可視化する。このとき、座標系の各象限が表す4種類の企業間関係を表-1に示す。最後に、分析結果を基に、共同企業体形成のための技術情報に基づくマッチング指標の抽出を行う。

3. 企業の特徴抽出

(1) 工事实績情報の収集

企業間関係を解析するため、必要となる工事实績情報を収集する。まず、工事实績情報公開サイトから、工事情報、工事に必要な技術を表す工法 g 、工法 g を保有している企業 c を取得する。そして、企業 c の集合 $C=\{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n, \dots\}$ のそれぞれに対して、工事实績の情報を基に企業 c が施工可能な工法の集合 $G_n=\{g_1, g_2, g_3, \dots\}$ を付与する。

(2) 技術情報による企業の特徴抽出

取得した工事、工法と企業の情報から、工事を行った企業の特徴を抽出する。本論文では、過去に企業が単体で施工した工事で用いた工法を企業の特徴として扱う。共同企業体が担当した工事で用いた工法を企業の特徴として使用しない理由は、工事全体で必要となる工法の集合を共同企業体に所属する企業毎に分類することが困難であると考えたためである。

4. 企業の関係抽出

(1) 企業同士の関係度の抽出

工事实績情報公開サイトから抽出した工事情報のうち、共同企業体が担当した工事情報に含まれる企業の集合を用いて企業同士の共起度を算出する。

全ての企業 c_m に対し、自社以外の企業 $c_n (m \neq n)$ と共同企業体を形成し施工した工事の件数を用いて企業同士の共起の強さを求める。企業 c_m と企業 c_n について、企業 c_m と企業 c_n を含む共同企業体が担当した工事件数を $|c_m \cap c_n|$ 、企業 c_m または企業 c_n を含む共同企業体が担当した工事件数を $|c_m \cup c_n|$ で表す。企業名同士の共起度 $S_{m,n}$ を Jaccard 係数⁶⁾を用いて算出する手法を式(1)に示す。

$$S_{m,n}(c_m, c_n) = \frac{|c_m \cap c_n|}{|c_m \cup c_n|} \quad (1)$$

Jaccard 係数では、 $S_{m,n}$ が1に近いほど c_m と c_n は関係が強く、0に近いほど関係が弱いことを表す。

(2) 企業同士の保有技術関係の抽出

第3章(2)節で抽出した企業が保有する工法を基にして、企業間の保有技術同士の類似性を求める。企業間の保

表-1 企業間関係

		類似度	
		低	高
関係度	強	補完関係	強化関係
	弱	無関係	競合関係

有技術について工法同士の類似度 $R_{m,n}$ を算出することで企業間における保有技術の特徴の関係を数値で表す。

企業 c_m と企業 c_n が保有している工法の数それぞれ $|g_m|, |g_n|$ で表し、 $|g_m \cap g_n|$ は企業 c_m, c_n に共通する工法の総数を表す。ただし、 $m \neq n$ とする。

企業 c_m, c_n について工法の類似度 $R_{m,n}$ はコサイン尺度を用いて次のように算出する。

$$R_{m,n}(c_m, c_n) = \frac{|g_m \cap g_n|}{\sqrt{|g_m|} \sqrt{|g_n|}} \quad (2)$$

式(2)では企業 c_m から見た企業 c_n への類似度を示しており、この数値が高くなるほど企業 c_n の工法は企業 c_m に類似しているものとする。

(3) 調査結果

第4章(1)節と(2)節で算出した関係度と類似度を用いて、企業間の関係属性を与える。

本手法では、表-1に示す通り、企業間の関係を強化関係、補完関係、競合関係と無関係の4つに分類する。それぞれの関係の詳細を以下に概説する。

a) 競合関係

本研究では、企業 c_m, c_n の工法同士の類似度 $R_{m,n}$ が高く、企業名の共起度 $S_{m,n}$ が低い場合を競合関係とし、敵対的な企業間関係として扱う。

b) 強化関係

本研究では、企業 c_m, c_n の工法同士の類似度 $R_{m,n}$ が高く、企業名の共起度 $S_{m,n}$ が高い場合を強化関係とし、工法を強め合う友好的な企業間関係として扱う。

c) 補完関係

本研究では、企業 c_m, c_n の工法同士の類似度 $R_{m,n}$ が低く、企業名の共起度 $S_{m,n}$ が高い場合を補完関係とし、工法を補う友好的な企業間関係として扱う。

d) 無関係

本研究では、企業 c_m, c_n の工法同士の類似度 $R_{m,n}$ が低く、企業名の共起度 $S_{m,n}$ が低い場合を無関係とし、工法を補う補完関係に発展可能だが現時点では連携実績がない企業間関係として扱う。

5. 評価実験

(1) 実験条件

企業間関係を類似度と関係度の2軸により座標軸上に可視化し、その内容を分析する評価実験を行った。本研究の評価対象として、株式会社大林組、株式会社竹中工

務店、鹿島建設株式会社、清水建設株式会社と大成建設株式会社のスーパーゼネコン 5 社から見た提携候補の企業について評価した。

実験にあたり、日本建設情報総合センター (JACIC : Japan Construction Information Center) が公開するコリンズ・テクリスの Web サイト ⁷⁾ から企業の工事实績情報を取得した。取得した工事实績情報は、工事開始年月日が 2007 年 4 月 2 日から 2009 年 3 月 16 日の合計 62,691 件 (うち、共同企業体の施工事例 3,830 件、企業単体の施工事例 58,861 件) である。これらのデータ中から共同企業体の施工事例に含まれる企業のみを実験対象として抽出した。また、類似度の算出に用いる工種は、これらの企業が関連した 130 種を用いた。

また、提携候補の全企業を直交座標系に可視化に際し、縦軸で示す関係度が 0 以上の企業は、可読性を確保するため正規化座標空間に配置した。また、関係度が 0 の企業は、可読性を確保するため、共同企業体の形成実績が 10 回以下の企業のみをピックアップし、グラフ中でグレーに彩色した 0 以下の範囲に散らして配置した。

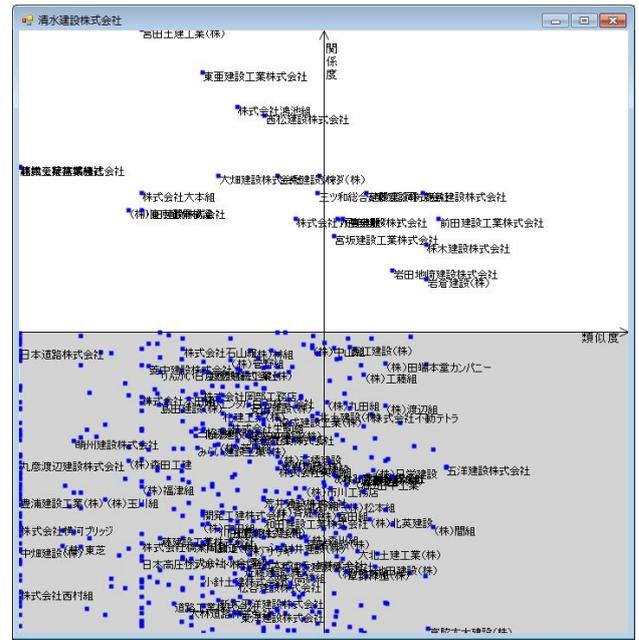


図-2 清水建設株式会社の企業間関係

(2) 実験結果と考察

実験の結果、株式会社大林組、鹿島建設株式会社、清水建設株式会社と大成建設株式会社の 4 社については、類似した結果を得られた。そこで、特徴を分析しやすい清水建設株式会社と大成建設株式会社の実験結果のみを代表例として図示し分析する。また、株式会社竹中工務店については、特徴的な結果が得られたため、別個に図示し分析する。

清水建設株式会社の企業間関係を図-2 に、大成建設株式会社の企業間関係を図-3 に示す。

図-2 より、清水建設株式会社を代表とするスーパーゼネコン 4 社は、様々な工法を保持しているため、高い類似性を示す企業との共同企業体の形成実績は、ほとんど見られなかった。また、一度も清水建設株式会社と共同企業体を形成した実績のない企業は関係度が 0 で示され、競合関係にある場合よりも無関係に分類される場合の方が多くも分かった。このことから、清水建設株式会社のような分布を持つ企業は、幅広い分野への専門性を持ち、共同企業体形成に際しては補完関係にある企業と連携しやすい傾向があることが分かる。その一方で、本提案手法では、工法と提携実績のみを考慮して企業間関係を評価しているため、工事の事業規模や工事地域などの情報による影響を測ることが困難である。以上の結果から、清水建設株式会社のような「幅広い分野において共同企業体を形成した実績を持つ企業」に提携企業を推薦する際には、入札対象の工事を分析し求められる技術を抽出した上で、要求技術水準を満たす補完関係にある企業を選出することが望ましいといえる。また、図-3 より、大成建設株式会社のように、強化関係にある企業と関連度が非常に高い場合もあり、共同企業体の形成理由が要求技術水

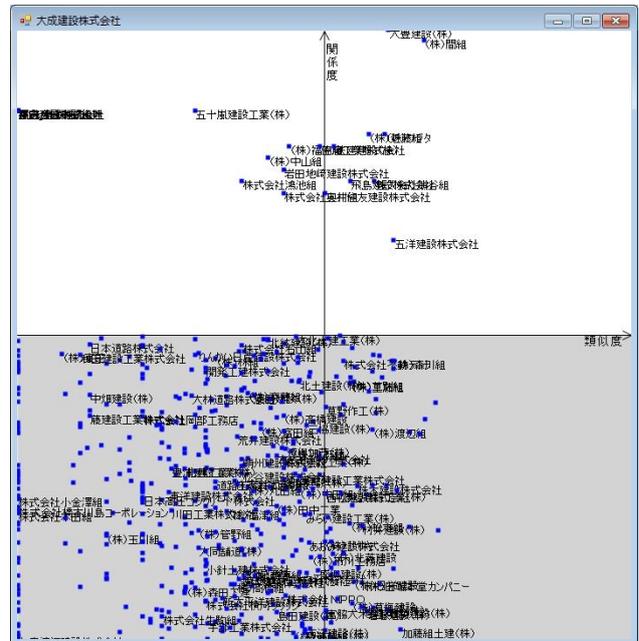


図-3 大成建設株式会社の企業間関係

準の補完のみでないこともまた明らかである。このことから、提携候補の企業を推薦する場合には、過去の提携実績をより詳細に分析し、企業ごとや工事ごとにおける共同企業体の形成理由を分析する必要があることが分かった。さらに、工事する地域における地場産業を共同企業体を含むなど、実際の工事における暗黙的なルールについての考慮も必要になると考えられる。

株式会社竹中工務店の企業間関係を図-4 に示す。

図-4 より、株式会社竹中工務店の企業間関係では、大半の企業について、類似度が低く評価される結果となった。このため、目視にて実験に用いるデータを確認したところ、株式会社竹中工務店の担当した工事の工法として、

建築分野のみが抽出されたためであることが分かった。関係度が0以上の企業数が少ないのも、同じ理由である。以上の実験結果から、共同企業体の形成実績が少なく、かつ受注する工事の内容に偏りがある企業の場合、本提案手法で用いた工事内容から求めるものに比べ、より具体的にどのような技術を保有しているかについての分析を行う必要があると考えられる。これは、技術的な面で相補的な関係にある企業を適切に推薦する場合、工法では粒度が荒すぎるためである。

6. 今後の発展

本論文では、各企業における過去の共同企業体形成実績を用い、類似度と関連度の2つの指標を用いて企業間関係を座標空間に可視化する手法を実践した。また、可視化結果を4つの象限で4種類に分類し目視で確認することで、新たな企業間関係のマッチング指標についての考察を行った。実データを用いた評価実験では、JACICが公開するコリンズ・テクリスから取得したデータのみを用いて企業間関係を評価した。その結果、企業を「幅広い分野において共同企業体を形成した実績を持つ企業」と「特定の分野でのみ共同企業体を形成した実績を持つ企業」の2種類に分類し、それぞれの特徴について分析することができた。分析結果より、企業が過去に受注した工事の工種のみを用いて類似度と関係度を評価する手法では、以下の要素が考慮できないことが分かった。

- 入札対象の工事における要求技術水準
- 共同企業体を形成する理由
- 共同企業体の結成における暗黙的なルール
- 各企業が保有する詳細な独自技術の特徴

これらの要素を考慮し、共同企業体の形成を支援する企業間関係のマッチング指標を抽出するため、今後は、以下の取り組みを行う予定である。

- 各工事に求められる要求技術水準の推定手法の考案
- 過去の共同企業体における出資比率や工事事業実績に基づく構成企業ごとの役割評価手法の検討
- 過去の共同企業体における共通要素の抽出手法の考案
- 新技術情報提供システム(NETIS:New Technology Information System)⁸⁾に登録された新技術情報や特許情報などを用いた企業が保有する技術の詳細な分析手法の実践

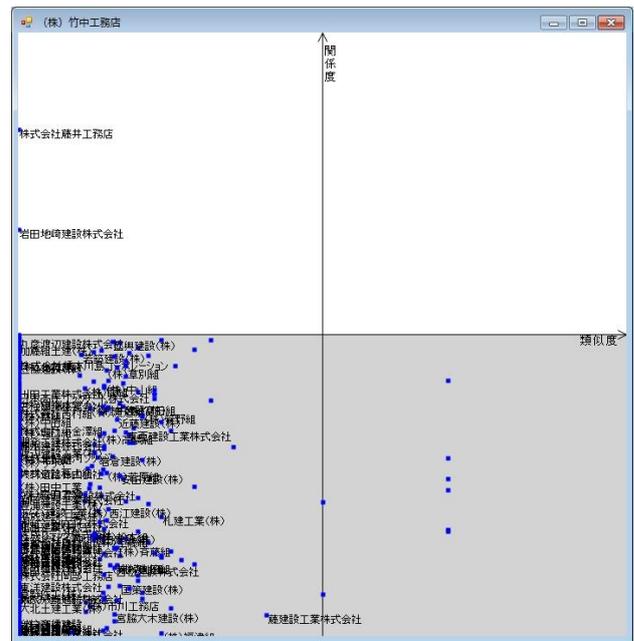


図-4 株式会社竹中工務店の企業間関係

また、本研究では、コリンズ・テクリスから取得したデータを用いて実験を行ったが、今後は民間工事に関するデータを含め、より全体的な分析も行う予定である。

謝辞：本研究の一部は、2008～2012年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（研究課題「セキュアライフ創出のための安全値循環ネットワークに関する研究」）から助成を受け、その成果を公表するものである。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金英子, 松尾豊, 石塚満: Web上の情報を用いた企業間関係の抽出, 人工知能学会論文誌, 人工知能学会, Vol.22, No.1, pp.48-57, 2007年1月.
- 2) 中村健二, 田中成典, 古田均: 共同企業体結成のための意思決定支援に関する研究, 建設マネジメント研究論文集, 土木学会, Vol.15, pp.371-383, 2008年12月.
- 3) 田中成典, 池辺正典, 古田均, 中村健二, 小林建太: Webリンク構造解析と自然言語処理による組織関係の抽出についての研究, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.47, No.6, pp.1687-1695, 2006年6月.
- 4) 東井礼佳, 中村健二, 小柳滋: Web上の技術情報と企業間の関係を用いた提携企業推薦, 全国大会講演論文集, 情報処理学会, Vol.2011, No.1, pp.585-587, 2011年3月.
- 5) Salton, G. and McGill, M.: Introduction to Modern Information Retrieval, McGraw-Hill, 1983.9.
- 6) Jain, A. and Dubes, R.: Algorithms for Clustering Data, Prentice Hall, 1988.3.
- 7) 日本建設情報総合センター: コリンズ・テクリス, <<http://ct.jacic.or.jp/>>, (入手 2012.6.1).
- 8) 国土交通省: NETIS 新技術情報提供システム, <<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/NewIndex.asp>>, (入手 2012.6.1).