

業務プロセスの伝票不整合リスクの改善手法

河本 高文^{1,a)} 二木 厚吉^{2,3} 吉岡 信和¹

受付日 2018年11月25日, 採録日 2019年6月11日

概要: 著者らは、取引に係る業務プロセスの信頼性を、伝票の突合せ状況によって、伝票の不整合リスクの高い業務プロセスと、低い業務プロセスとに分類するアセスメント手法を提案した。これによって、実務で行われている業務プロセスの信頼性の判定を、専門家の知識や経験だけに依存しないで客観的に議論できる手法を示した。また、伝票不整合リスクの低い業務プロセスは、伝票改ざんを検知できる可能性が高いことから、情報セキュリティ上の内部脅威対策にも有効であることを示した。しかし、このアセスメント手法で伝票不整合リスクが高いと判定された業務プロセスを、不整合リスクの低い業務プロセスに改善するのは試行錯誤によっていた。そこで、本論文では伝票不整合リスクが高いと判定された業務プロセスを、伝票不整合リスクの低い業務プロセスに改善する手法を提案する。これにより、業務プロセスの信頼性を判定するだけでなく、業務プロセスの改善の一手法を提示して、アセスメント手法の実用性を向上させた。

キーワード: 内部統制, 業務プロセス, 伝票突合せ, 伝票突合せ行列, 内部脅威対策

A Method for Improving the Reliability of Business Processes

TAKAFUMI KOMOTO^{1,a)} KOKICHI FUTATSUGI^{2,3} NOBUKAZU YOSHIOKA¹

Received: November 25, 2018, Accepted: June 11, 2019

Abstract: Business processes can be assessed by checking transaction documents for inconsistency risks and can be classified into two categories. Inconsistency refers to a mismatch between items (product name, quantity, unit price, amount price, etc.) among transaction documents. We proposed a method for the assessment of risk inconsistency. This paper proposes a method for improving a low reliable business process to a high reliable one. This method provides a more practicable function to design and evaluate business processes for a company's internal control over financial reporting and an internal security measure on the information security.

Keywords: internal control, business process, checking transaction documents, voucher matrix, internal security measure

1. はじめに

経営者は内部統制の観点から、信頼できる業務プロセスを構築しなければならない [1], [2], [3]. これまで、信頼できる業務プロセスは、主に公認会計士などの専門家の知識

や経験に基づいて判断されることが一般的であった。

著者らは、公認会計士の会計監査における監査手法の1つである伝票突合せが、業務プロセスの中にあらかじめ組み込まれていると、取引のミスや不正のリスクを事前に軽減できる可能性が高いので、業務プロセスの信頼性を高めることができると判断した [4], [5]. そして、これまで、業務プロセスの信頼性の1つの基準を、「業務プロセス上で発行される取引のすべての伝票が突合せされている」として、業務プロセスの伝票突合せモデルを構築し、伝票突合せ不整合リスクを数理的に判定するアルゴリズムを示して、この基準に沿った業務プロセスの信頼性をアセスメントする手法を提案した [8], [9]. この基準を満たすこと

¹ 国立情報学研究所
National Institute of Informatics, Chiyoda, Tokyo 101-8430, Japan

² 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Nomi, Ishikawa 923-1292, Japan

³ 産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki 305-8561, Japan

a) komoto@jaist.ac.jp

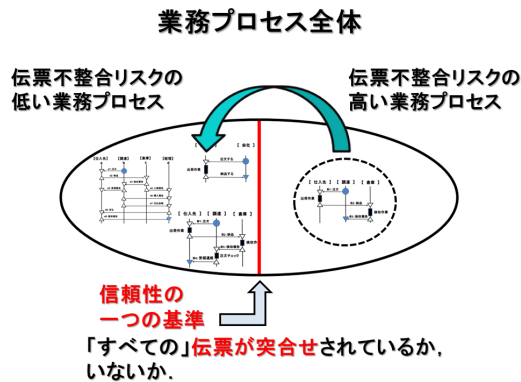


図 1 業務プロセスの分類と改善

Fig. 1 Classification and improvement of business processes.

の効果は、その業務プロセス上で実行される取引の信頼性（実在性）が高まることである。

本アセスメント手法は、業務プロセスの伝票突合せ状況を業務プロセスダイアグラムで表記して、初期の伝票突合せ状況を伝票突合せ行列に設定し、伝票不整合リスクをアルゴリズム（Floyd-Warshall アルゴリズム [6]）を使って推移的閉包を計算し判定する手法であり、実務で使われていると思われる業務プロセスに適用して、業務プロセスの信頼性を、専門家の知識や経験による判断だけに依存しないで、客観的に議論できることを示した [8], [9]。また、同時に伝票不整合リスクの低い業務プロセスは、伝票改ざんを検知できる可能性が高いことから、情報セキュリティ上の内部脅威対策にも有効であることを示した [16]。

しかし、このアセスメント手法で伝票不整合リスクが高い、つまり信頼性が低いと判定された業務プロセスを、不整合リスクの低い、信頼性の高い業務プロセスへ改善するのは試行錯誤によっていた。そこで、本論文ではいったん設計され運用されている伝票不整合リスクの高い業務プロセスに大幅な変更をしないで、業務プロセスの最後に業務イベントを追加していくだけで、伝票不整合リスクの低い、信頼性の高い業務プロセスに改善する手法を提案する（図 1）。

これにより、業務プロセスの信頼性を判定するだけでなく、業務プロセスの信頼性の改善の一手法を提示して、アセスメント手法の実用性をさらに向上させた。

本論文の構成は、最初に、2 章で著者らがすでに提案している「業務プロセスの信頼性のアセスメント手法」を、手法で用いている業務プロセスダイアグラムと伝票不整合リスク判定アルゴリズムと合わせて説明し、仕入業務プロセスに適用した例を示す。そして、3 章で「業務プロセスの信頼性の改善手法」を、改善の方針、改善の方法の順で議論して、これらを業務プロセスの信頼性の改善の 1 つの手法として示した。さらに、4 章でケーススタディとして、2 章と 3 章で分けて提示した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法と改善手法を一気通貫して販売業務プロセス

に適用する。最後に、5 章で「関連研究」を述べ、6 章で「結論」をまとめる。

2. 業務プロセスの信頼性のアセスメント手法

2.1 業務プロセスダイアグラム

業務プロセスダイアグラムは、企業の取引業務を、取引にともなう業務イベントと、そのときに発行される伝票の保管状況および伝票突合せをモデル化したダイアグラムである。

2.1.1 業務プロセスダイアグラムの要素と表記法

業務プロセスダイアグラムは、以下の要素で構成される。

- 「部門」：分担して作業を実施する主体。
- 「タイムライン」：上から下へ流れる時間。
- 「イベント」：決められた順序で、ある部門から他の部門へ伝票を送受信する事象。
- 「伝票 (document)」：作業の指示や、実施した作業結果を記載したドキュメント。
- 「保管伝票 (stored documents)」：その部門が送付、受信した伝票。
- 「部門の伝票突合せ集合 (vouchered documents)」：受信した伝票と、それまでにその部門が保管していた伝票の組。

「部門」「イベント」「伝票」「保管伝票」「突合せ伝票」は、以下のように記号化して定義する。

- 部門 $a, b \in \text{Div}$ (Div は部門全体)
- イベント $e_n(a, b) \in E$ (E はイベント全体)
： n 番目に、部門 a から部門 b へ伝票を送受信するイベント (e_n と省略できる)
- イベント順序 $n \in N$ (N は自然数)
- 伝票 $d_n \in \text{Doc}$ (Doc：伝票全体)
：イベント $e_n(a, b)$ で送受信する伝票
- 保管伝票 $S_n(a)$
：イベント e_n の後で伝票を受信した部門 a がこれまでに送受信した伝票
- 部門 a の伝票突合せ集合 $V_n(a)$
：イベント $e_n(-, a)$ で伝票 d_n を受信した部門 a の保管伝票 $S_n(a)$ (V_n と省略できる)

業務プロセスダイアグラムの表記を、図 2 に示す。

2.1.2 業務プロセスダイアグラムの前提

ここでは、取引業務の実務を想定して、業務プロセスダイアグラムで表現している状況や、実務に基づく業務プロセスダイアグラムの仮定や前提を整理する。

取引の業務プロセスにおいて、部門の作業者は、伝票を受信すると業務規則に従って作業を実施し、実施した作業の報告や作業の指示として、伝票を作成し、次の部門へ送付する。他部門から伝票を受信したとき、すでに、その取引に関連する作業を実施していて、そのときの伝票が保管されていると、受信した伝票と突合せするので、作業ミス

突合せモデルの前提や設計方法、制限に注意して、業務プロセスダイアグラムを作成する。

業務プロセスダイアグラムから、伝票突合せ集合 V_i を抽出する。

(2) 初期値の伝票突合せ行列の設定

まず、伝票数 n から、 n 次正方行列 T を作り (i, j) 成分をすべて 0 とする。

業務プロセスダイアグラムの伝票突合せ集合 $V_1, V_2, \dots, V_m$ ごとに、 V_i の要素となっている伝票 d_i, d_j を含んでいれば、 T の (i, j) 成分に 1 を設定していく。

T の対角成分 (i, i) は 1 とし、1 が設定されている成分 (i, j) の対称成分 (j, i) も 1 を設定する。これを、初期値の伝票突合せ行列 T^0 とする。

(3) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出

初期値の伝票突合せ行列 T^0 に、伝票不整合リスク判定アルゴリズムを適用して、初期の伝票突合せ行列 T^0 の推移的閉包を求め、伝票突合せ行列 T^n とする。

なお、伝票突合せ行列の推移的閉包の算出で、直接的な伝票突合せから間接的な伝票突合せを反映させている。これは、本論文の伝票突合せは推移律が成立することによる。すなわち、伝票 d_1 と伝票 d_2 が直接突合せされ、かつ伝票 d_2 と伝票 d_3 が直接突合せされているとき、伝票 d_2 を介して、伝票 d_1 と伝票 d_3 は間接的に突合せされているとする。伝票突合せ行列においては、行列の推移的閉包を算出することで実現できる [8]。

(4) 業務プロセスの信頼性の判定

伝票突合せ行列 T^n の成分がすべて 1 のとき、すべての伝票の突合せが行われており、伝票不整合リスクは低い、信頼性の高い業務プロセスと判定する。

伝票突合せ行列 T^n の成分に 0 があるとき、突合せされていない伝票があり、伝票不整合リスクは高い、信頼性の低い業務プロセスと判定する。

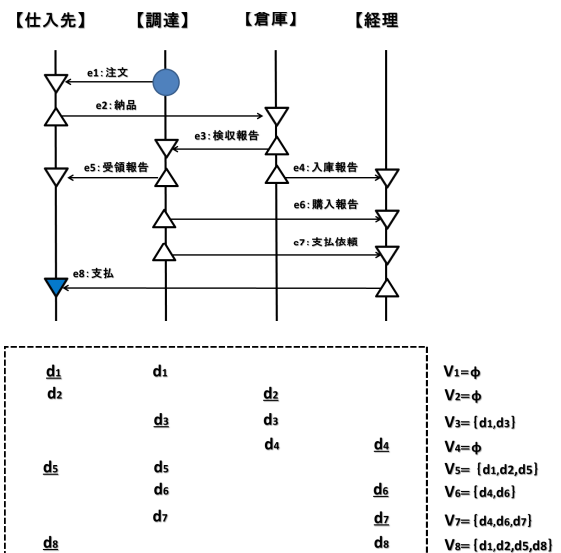
2.4 仕入業務プロセスへの適用

例として、ある仕入業務プロセスに、業務プロセスの信頼性のアセスメント手法を適用する。この仕入業務プロセスは、調達部門から仕入先に、製品や材料が注文され、仕入先が納入する製品や材料を、倉庫部門が受領し、倉庫部門が調達部門に検収を上げると、調達部門から支払依頼が経理部門へ送付され、経理部門はそれに基づいて仕入先に支払を行う [4]。

この仕入業務プロセスの信頼性のアセスメントの結果は、以下ようになる。

- (1) 仕入業務プロセスダイアグラム作成 (図 3)
- (2) 初期値の伝票突合せ行列 (T^0) 設定 (図 4)
- (3) 伝票突合せ行列の推移的閉包 (T^8) 算出 (図 4)
- (4) 仕入業務プロセスの信頼性の判定

仕入業務プロセスの推移的閉包を算出した伝票突合せ行



(再掲) 図 3 仕入業務プロセスダイアグラム

Fig. 3 Purchase order process diagram.

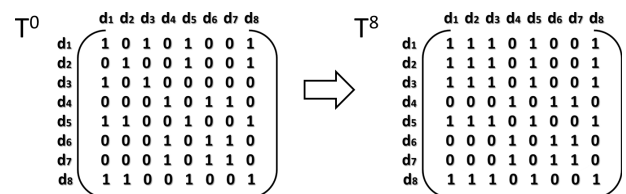


図 4 伝票突合せ行列 T^0, T^8

Fig. 4 Voucher matrix T^0, T^8 .

列 (T^8) の成分には 0 が残っているの、突合せされていない伝票があり、業務プロセスは伝票不整合リスクが高い、信頼性の低い業務プロセスと判定される。

3. 業務プロセスの信頼性の改善手法

前章の仕入業務プロセスは、業務プロセスの信頼性のアセスメント手法で、信頼性の低い業務プロセスと判定された。実務では、伝票突合せの観点で信頼性が低いと判定された業務プロセスでも、それをふまえて、他の手段で監視を強めるなどして業務を遂行していく場合がある。

一方、信頼性の高い業務プロセスに改善したい場合も考えられる。これまで、信頼性が低いと判定された業務プロセスを、信頼性の高い業務プロセスへ改善する手法は試行錯誤によっていた。ここでは、業務プロセス改善の方針を定め、それに沿って業務プロセスの信頼性を改善する一手法を提案する。

3.1 信頼性の低い業務プロセスの改善方針

業務プロセスは、通常、伝票突合せの観点から設計されるのではなく、むしろ作業の効率や部門間の分担などを考慮して設計されている。いったん、できあがった業務プロセスにイベント（業務フロー）を追加・変更するのは、実務上、容易なことではない。その点を考慮して、業務プロ

セスの信頼性の改善手法は、以下の方針に沿って検討することにする。

〈改善方針〉

- 1) 業務プロセスに係る部門を増減させない。
 - 2) 設計されているイベントは変更・削除しない。
 - 3) 業務プロセスの最後に、イベント（業務フロー）を追加していくことで伝票の突合せを改善する。
- なお、追加イベントは作業をともなわない報告や連絡を想定している。

3.2 信頼性の低い業務プロセスの改善方法

上記の改善方針に沿って、業務プロセスの最後にイベント e_{n+1} を追加して、伝票の突合せ状況を改善していくことを検討する。

3.2.1 信頼性の低い業務プロセスの伝票行列

信頼性の高い業務プロセスは、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列の成分はすべて1で、互いに突合せされた伝票を要素とする伝票突合せ集合は1つになる。一方、信頼性の低い業務プロセスは、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列の成分に0が残り、互いに伝票突合せされた集合はいくつかに分かれる。

前章の仕入業務プロセスでは、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列 (T^8) の伝票を入れ替えて、互いに突合せされた伝票を見やすく整理すると、伝票突合せ集合は、以下の2つからなることが分かる (図5)。

$$\langle d_1 \rangle: \{d_1, d_2, d_3, d_5, d_8\}$$

$$\langle d_4 \rangle: \{d_4, d_6, d_7\}$$

なお、互いに突合せされた伝票突合せ集合を $\langle d_i \rangle$ と表記する。伝票突合せは同値関係 ($\sim$) なので伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$ は d_i を代表元とする同値類と見なせる。

業務プロセスの最後にイベント e_{n+1} を追加して伝票突合せ状況を改善するとは、いくつかに分かれている伝票突合せ集合を、イベント e_{n+1} を追加することで伝票突合せ集合の数を減らしていくことである。

3.2.2 伝票突合せ集合を減らすイベント e_{n+1}

伝票突合せ集合の数を減らすには、異なる伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ ($i \neq j$) に含まれるそれぞれの伝票が、追加されるイベント e_{n+1} で送受信される伝票 d_{n+1} と突合せされるとよい。 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ は結合されて1つの伝票突合せ集合 $\langle d_{n+1} \rangle$ になるので伝票突合せ集合の数は減る。

$$d_i \sim d_{n+1}, d_j \sim d_{n+1} \Rightarrow \langle d_{n+1} \rangle = \langle d_i \rangle \cup \langle d_j \rangle \cup d_{n+1}$$

このことを、業務プロセスダイアグラムに立ち返って考えると、伝票突合せは、伝票を受信した部門が、それまでに部門で保管していた送受信伝票と行われるので、まず、イベント e_{n+1} の伝票 d_{n+1} を受信する部門 X は、 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$

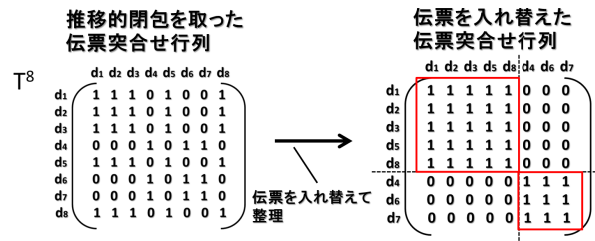


図5 伝票を入れ替えた伝票突合せ行列 T^8

Fig. 5 Change of voucher matrix T^8 .

のそれぞれの伝票を保管している部門であるとよい。つまり、 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ のそれぞれの伝票を保管している部門 X が、追加されるイベント e_{n+1} の伝票 d_{n+1} を受信すると部門 X が保管している $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ のそれぞれの伝票と伝票 d_{n+1} が突合せされるので、伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ は結合されて、伝票突合せ集合の数は1つ減ることになる（そのような条件を満たす受信部門が必ず存在することは次項で証明）。

次に、追加するイベント e_{n+1} の伝票の送信部門 Y は、業務プロセスダイアグラムの定義から伝票を送信できる部門で、直前に伝票を受信した部門か、または、直前に伝票を送信した部門のいずれかに限られる。この2つの部門のうち、受信する部門 X と重複しないように送信する部門 Y を選ばばよい。

以上を整理すると、追加するイベント e_{n+1} は、伝票 d_{n+1} を、直前イベント e_n で伝票 d_n を受信した部門 Y か、または伝票 d_n を送信した部門 Y' から、異なる伝票突合せ集合のそれぞれの伝票を保管している部門 X へ送信するイベントである。

3.2.3 異なる伝票突合せ集合の伝票を保管している部門の存在証明

追加するイベント e_{n+1} の伝票 d_{n+1} の受信部門 X がつねに存在すること、すなわち異なる伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle, \langle d_j \rangle$ ($i \neq j$) のそれぞれの伝票を保管している部門 X が必ず存在することを証明する。

ここでは、伝票突合せ集合が2つに分かれる場合を示すが、3つ以上に分かれる場合も同様に証明できる。

今、2つの異なる伝票突合せ集合を以下とする。

$$\langle d_1 \rangle: \{d_1, \dots\}$$

$$\langle d_i \rangle: \{d_i, \dots\} \quad (i \neq 1)$$

なお、あらかじめ d_i は、伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$ の要素で伝票番号 i が最少になるように選んでおく。

このとき、伝票 d_i を送信した部門 X は、伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$ の伝票を保管している。なぜなら、業務プロセスダイアグラムの責務の分離の定義から、スタートの部門を除いて指示や報告を受けていない部門は、自ら指示や報告をすることはできない。つまり、あらかじめ伝票を受信していない部門は伝票を送信できない。このため、伝票 d_i を送

信した部門 X は、あらかじめ伝票 d_h ($h < i$) を受信している。伝票 d_h が伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$ に含まれると伝票番号 i ($h < i$) が最少になるように選んでおいたことに矛盾するので、伝票 d_h は伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$ に含まれる。

すなわち、伝票 d_i を送信した部門 X は、伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$ と異なる伝票突合せ集合（この場合 $\langle d_1 \rangle$ ）の要素となる伝票 d_h を必ず保管している。

以上のとおり、条件を満たす部門 X は必ず存在するので、これに沿って部門を選ぶと、異なる伝票突合せ集合の伝票を保管する部門を、少なくとも1つ必ず見つけることができる。

3.3 業務プロセスの信頼性の改善手法

これまでの議論を整理して、信頼性が低いと判定された業務プロセスの1つの改善手法を示す。

業務プロセスの信頼性の改善手法は、以下の(1)~(5)の手順からなる。

(1) 業務プロセスの伝票突合せ集合の抽出

業務プロセスの推移的閉包を算出した伝票突合せ行列から互いに突合せされた伝票突合せ集合を抽出する。

(2) 業務プロセスダイアグラムにイベント追加

以下のようなイベントを業務プロセスダイアグラムの最後に追加する。すなわち、追加するイベント e_{n+1} は、伝票 d_{n+1} を、直前 e_n に伝票 d_n を受信した部門 Y か、または伝票 d_n を送信した部門 Y' から、異なる伝票突合せ集合の伝票を保管している部門 X へ送信するイベントである。

なお、追加するイベント e_{n+1} の送信部門（部門 Y や部門 Y' ）と受信部門（部門 X ）の候補が複数あるときには、その組合せによりイベント e_{n+1} の候補も複数存在する。その際は業務プロセスのイベントの意味や作業の効率、部門間の分担などを考慮して適切に選択する。

(3) 初期値の伝票突合せ行列の設定

イベントを追加した業務プロセスダイアグラムの初期の伝票突合せ行列を設定する。

(4) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出

伝票突合せ行列の推移的閉包を算出する。

(5) 業務プロセスの信頼性の判定

推移的閉包を算出した伝票突合せ行列の成分がすべて1なら、その業務プロセスはすべての伝票が突合せされ、伝票不整合リスクの低い、信頼性の高い業務プロセスに改善されたので終了する。伝票突合せ行列の成分に0が残っていれば、(1)に戻って業務プロセスの信頼性の改善を繰り返し実行する。

3.4 信頼性が低いと判定された仕入業務プロセスへの適用

前章で信頼性が低いと判定された仕入業務プロセス(図3)に、業務プロセスの信頼性の改善手法を適用する。

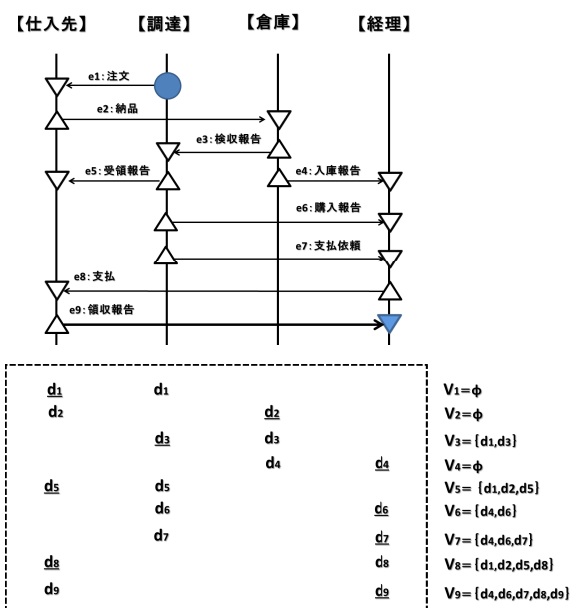


図6 改善された仕入業務プロセスダイアグラム

Fig. 6 Improved purchase order process diagram.

業務プロセスの信頼性の改善手法の適用結果は、以下のようになる。

(1) 業務プロセスの伝票突合せ集合の抽出 (図6)

伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$: $\{d_1, d_2, d_3, d_5, d_8\}$

$\langle d_4 \rangle$: $\{d_4, d_6, d_7\}$

(2) 業務プロセスダイアグラムにイベント追加 (図6)

(1) からイベント e_9 で伝票 d_9 を送信する部門の候補は、伝票 d_8 の送受信部門である仕入先と経理である。また伝票 d_9 の受信部門の候補は、伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$, $\langle d_4 \rangle$ の両方の伝票を保管している調達と倉庫、経理である。送受信部門が一致しないように、イベント e_9 の送受信部門を組み合わせると e_9 の候補は以下のイベントとなる。

送信部門	受信部門
・仕入先	⇒ 調達
・仕入先	⇒ 倉庫
・仕入先	⇒ 経理
・経理	⇒ 調達
・経理	⇒ 倉庫

この中から、この業務プロセスを運用する実務者がイベントの意味や作業の効率、部門間の分担などを考慮して適切に1つ選択する。

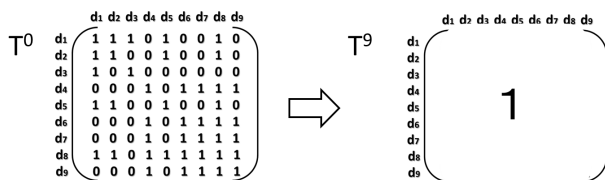
たとえば、ここでは仕入先から経理へ伝票 d_9 を送付するイベント e_9 の意味を領収報告として業務プロセスダイアグラムに追加する。

(3) 初期値の伝票突合せ行列の設定 (図7)

(4) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出 (図7)

(5) 業務プロセスの信頼性の判定

推移的閉包を算出した伝票突合せ行列 (T^9) の成分はすべて1なので、すべての伝票は互いに突合せされ、

図 7 改善された業務プロセスの伝票突合せ行列 T^0 , T^9 Fig. 7 Improved voucher matrix T^0 , T^9 .

伝票不整合リスクの低く、信頼性の高い業務プロセスに改善された。

4. ケーススタディ

ここまで、仕入業務プロセスを例として2章と3章に分けて、説明を加えながら業務プロセスの信頼性のアセスメント手法と業務プロセスの信頼性の改善手法について述べた。本章では、今一度、仕入業務プロセスとは異なる販売業務プロセスを例として業務プロセスの信頼性のアセスメント手法とその改善手法を一気通貫で実施する。どのような業務プロセスでも本手法が適用可能であることを示す。

4.1 販売業務プロセスの信頼性のアセスメント

この販売業務プロセスは、得意先から営業部門に、製品や材料が注文され、営業部門は得意先に注文請書で注文を確認する。確認できると営業部門は倉庫部門に出荷を指示する。倉庫部門は得意先にその製品や材料を納品して、経理部門に出荷したことを通知する。経理部門は得意先に請求書を発行し、得意先が支払を行うと領収書を発行する。

この販売業務プロセスの信頼性のアセスメントの結果は、以下のようになる。

- (1) 販売業務プロセスダイアグラム作成 (図 8)
- (2) 初期値の伝票突合せ行列 (T^0) 設定 (図 9)
- (3) 伝票突合せ行列の推移的閉包 (T^8) 算出 (図 9)
- (4) 販売業務プロセスの信頼性の判定

販売業務プロセスの推移的閉包を算出した伝票突合せ行列 (T^8) の成分には0が残っているので、突合せされていない伝票があり、業務プロセスは伝票不整合リスクが高い、信頼性の低い業務プロセスと判定される。

4.2 販売業務プロセスの信頼性の改善

前節で信頼性が低いと判定された販売業務プロセス (図 8) に、業務プロセスの信頼性の改善手法を適用する。

業務プロセスの信頼性の改善手法の適用結果は、以下のようになる。

- (1) 業務プロセスの伝票突合せ集合の抽出 (図 10)

伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$: $\{d_1, d_2, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8\}$

$\langle d_3 \rangle$: $\{d_3\}$
- (2) 業務プロセスダイアグラムにイベント追加 (図 11)

(1) からイベント e_9 で伝票 d_9 を送信する部門の候補

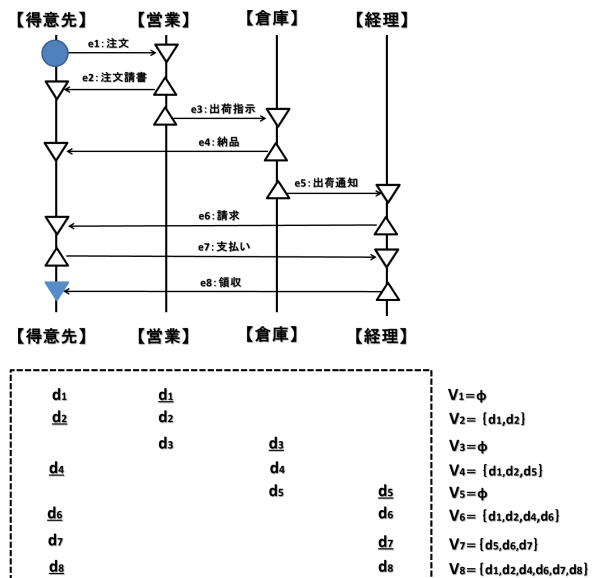
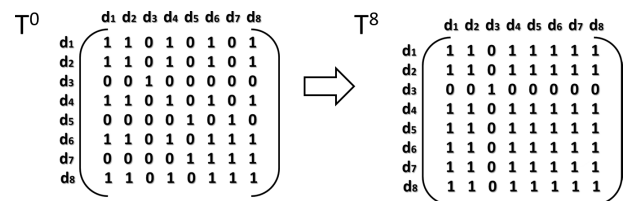
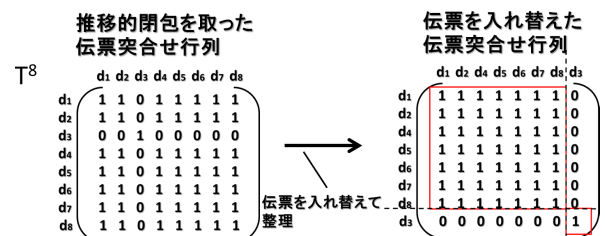


図 8 販売業務プロセスダイアグラム

Fig. 8 Sales process diagram.

図 9 伝票突合せ行列 T^0 , T^8 Fig. 9 Voucher matrix T^0 , T^8 .図 10 伝票を入れ替えた伝票突合せ行列 T^8 Fig. 10 Change of voucher matrix T^8 .

補は、伝票 d_8 の送受信部門である得意先と経理である。また伝票 d_9 の受信部門の候補は、伝票突合せ集合 $\langle d_1 \rangle$, $\langle d_3 \rangle$ の両方の伝票を保管している倉庫と営業である。送受信部門が一致しないように、イベント e_9 の送受信部門を組み合わせると e_9 の候補は以下のイベントとなる。

送信部門	受信部門
・得意先	⇒ 営業
・得意先	⇒ 倉庫
・経理	⇒ 営業
・経理	⇒ 倉庫

この中から、この業務プロセスを運用する実務者がイベントの意味や作業の効率、部門間の分担などを考慮して適切に選択する。

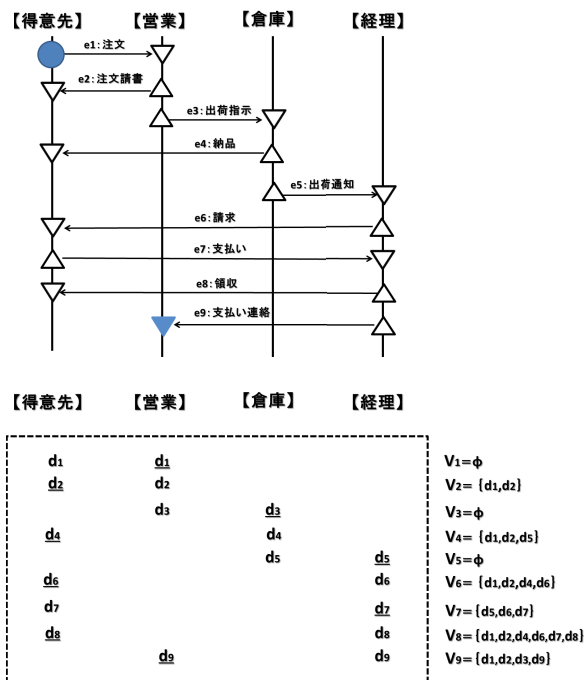
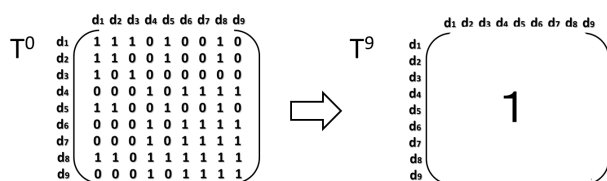


図 11 改善された販売業務プロセスダイアグラム

Fig. 11 Improved sales process diagram.

図 12 改善された業務プロセスの伝票突合せ行列 T^0 , T^9 Fig. 12 Improved voucher matrix T^0 , T^9 .

たとえば、ここでは経理から営業へ伝票 d_9 を送付するイベント e_9 の意味を支払連絡として業務プロセスダイアグラムに追加する。

- (3) 初期値の伝票突合せ行列の設定 (図 12)
- (4) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出 (図 12)
- (5) 業務プロセスの信頼性の判定

推移的閉包を算出した伝票突合せ行列 (T^9) の成分はすべて 1 なので、すべての伝票は互いに突合せされ、伝票不整合リスクの低く、信頼性の高い業務プロセスに改善された。

5. 関連研究

信頼できる業務プロセスの構築について、内部統制実施基準 [10] やシステム管理基準追補版 [11], [12] などで、取引に係る業務の流れ図や業務記述書を作成してリスク分析を行い、識別されたリスクに対して対策を実施する手順が示されている。これに沿って、公認会計士などの専門家が、専門家の知識や経験に基づいて信頼できる業務プロセスの構築を支援している [1], [2], [3] が、業務プロセスの信頼性を客観的に判定することは難しい。

また、財務報告の監査において用いられるさまざまな監査手法には、帳簿や伝票を突合せ照合して取引の実在性を検証する手法がある [5]。実用的で有用な手法であるが、伝票突合せ状況をモデル化して客観的に議論はされていない。

業務プロセス研究の分野では、文献 [13] は、法律から権利や義務を抽出する系統的なプロセスを与えており、客観的に分析するアプローチは、本研究と一致するが対象とする領域が異なる。文献 [14] は、リスク管理を扱うフレームワークを与えているが、一般的なリスクに対応しており業務プロセスの議論は不十分である。文献 [15] は、内部統制のリスクと統制の厳密な対応に関する研究であるが、伝票に着目する本研究と立場が異なる。文献 [7] は取引にかかわる内部統制を、実務で行われているドキュメントの突合せに着目して議論しているが、業務プロセスの信頼性には言及しておらず本研究と異なる。我々の手法のように、特にすべてのドキュメントの突合せをモデル化し、業務プロセスのリスクを科学的、客観的に議論した例を、我々は入手できていない。

本論文の取組みは、具体的な実務上の観点から業務手順書や業務プロセスを科学的、客観的に分析してモデル化し、実務的な観点から評価しているところが新しいと考える。

6. 結論

経営者には内部統制の観点から、信頼できる業務プロセスの構築を求められているが、従来、業務プロセスの信頼性には客観的な基準はなく、公認会計士などの専門家の知識や経験による主観的な判断に頼らなければならなかった。

この課題に対して、著者らは、取引の実在性に係る「業務プロセスの信頼性」を、業務プロセスで発行されるドキュメント（伝票）に着目して、「伝票の突合せによる整合性」を、業務プロセスの信頼性の 1 つの基準として定式化した。この基準に基づいてモデル化し、業務プロセスの信頼性の 1 つについて、科学的、客観的なアセスメント手法を提案し評価した [8], [9]。

本論文では、さらに、このアセスメント手法で伝票不整合リスクが高い、信頼性が低いと判定された業務プロセスを、伝票不整合リスクの低い、信頼性の高い業務プロセスへ改善する手法の 1 つを提案した。提案した改善手法は、いったん設計された業務プロセスを大幅に変更しないで、業務プロセスの最後に適切な業務イベントを追加していくだけで、業務プロセスの信頼性の改善ができる。

本研究は、業務規則や業務プロセスに基づいて作成されるドキュメントを分析することで、業務規則や業務プロセスで確保したい性質の品質評価を目指している。本論文において、業務プロセスの最後にイベントを追加することで信頼性の低い業務プロセスを信頼性の高い業務プロセスへ改善する手法を示したが、業務プロセスの途中にイベントを追加して改善する手法を提案することはできていない。

そのため、業務プロセスの途中にイベントを追加して改善する手法は試行錯誤によっている。今後、業務プロセスの途中にイベントを追加して改善する手法を研究していきたい。また、実務で使われている業務規則や業務プロセスの設計に、適用しやすいように、アセスメントツールの整備などをしていきたい。

謝辞 本論文の作成に貴重なご助言をいただきました、飯田周作教授、緒方和博教授、青木利晃教授に感謝いたします。また、温かいご支援をいただきました、蛭川元晴さん、鳥光淳子さんに感謝いたします。さらに、有益なコメントをいただきました、査読者の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 清水恵子, 中村元彦: IT 専門家のための目からウロコの内部統制, 税務経理協会 (2007).
- [2] 丸山満彦, 亀井将博, 三木孝則: 統制環境読本, 翔泳社 (2008).
- [3] 佐々野未知: 内部統制の入門と実践, 中央経済社 (2006).
- [4] 金児 昭: ビジネスゼミナール会社経理入門, 第3版, 日本経済新聞社 (2001).
- [5] 山浦久司: 会計監査論, 第2版, 中央経済社 (2002).
- [6] T. コルメン, C. ラザソン, R. リベスト, C. シュタイン: アルゴリズムイントロダクション [第2巻], 第3版, 近代科学社 (2012).
- [7] Iida, S., Denker, G. and Talcott, C.: Document Logic: Risk Analysis of Business Processes Through Document Authenticity, *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, EDOCW 2009* (2009).
- [8] 河本高文, 二木厚吉, 吉岡信和: 業務プロセスの品質の判定法, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.9, pp.1794–1800 (2015).
- [9] Komoto, T., Futatsugi, K. and Yoshioka, N.: Assessing Business Processes by Checking Transaction Documents for Inconsistency Risks, *Proc. 6th International Symposium on Business Modeling and Software Design, Science and Technology Publications*, pp.39–45, ISBN:978-989-758-190-8 (2016).
- [10] 企業会計審議会: 財務報告に係る内部統制の評価及び監査に関する実施基準 (2011).
- [11] 経済産業省: システム管理基準追補版 (財務報告に係るIT 統制ガイダンス) (2007).
- [12] 経済産業省: システム管理基準追補版 (財務報告に係るIT 統制ガイダンス) 追加付録 (2007).
- [13] Breaux, T.D., Vail, M.W. and Anton, A.I.: Towards Regulatory Compliance: Extracting Rights and Obligations to Align Requirements with Regulations, *RE2006*, pp.46–55 (2006).
- [14] Asnar, Y. and Giorgini, P.: Modelling Risk and Identifying Countermeasure in Organizations, *Proc. 1st International Workshop on Critical Information Infrastructures Security (CRITIS '06)*, LNCS 4347, Springer, pp.55–66 (2006).
- [15] Arimoto, Y., Kudo, M., Watanabe, Y. and Futatsugi, K.: Checking assignments of controls to risks for internal control, *Proc. 2nd International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (IECGOV '08)*, pp.98–104 (2008).
- [16] 河本高文, 二木厚吉, 吉岡信和: 部門ごとの伝票突合せを反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.9, pp.1699–1708 (2018).



河本 高文 (正会員)

国立情報学研究所特任研究員。博士 (情報科学)。情報セキュリティ評価認証業務に従事し、セキュリティ要求工学に興味を持つ。業務プロセスの信頼性の確保等、実務の中からフォーマルなモデルを抽出して実務で活用する研

究を進めている。



二木 厚吉 (正会員)

北陸先端科学技術大学院大学名誉教授。産業技術総合研究所客員研究員。フォーマルメソッドの研究を進め、HISP, OBJ, CafeOBJ といった先駆的な形式仕様言語を設計開発してきた。汎用科学技術としてのフォー

マルメソッドの確立と、フォーマルメソッドを核とした先端的なシステム開発法の産業界への浸透を目指している。ACM TOSEM (tosem.acm.org) 編集委員 (associate editor, 1996–2001), 第20回ソフトウェア工学国際会議 (icse98.aist-nara.ac.jp) プログラム委員長等を務め、現在, JAL (www.elsevier.com/locate/jal), IJSI (www.ijsi.org) アドバイザ・編集委員, (社) 電子情報技術産業協会 (JEITA) ソフトウェアエンジニアリング技術専門委員会委員長等を務める。



吉岡 信和 (正会員)

1993年富山大学工学部電子情報工学科卒業。1998年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。博士 (情報科学)。同年 (株) 東芝入社。2002年より国立情報学研究所に勤務、現在、同研究所准教授、

2007年より総合研究大学院大学准教授を兼務、セキュリティ・プライバシーソフトウェア工学、ソフトウェア工学、学術クラウドの研究・開発に従事。電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、人工知能学会、IEEE CS 各会員。