

イベント割込みによる業務プロセスの 伝票不整合リスク改善手法

河本 高文^{1,a)} 二木 厚吉² 吉岡 信和¹

受付日 2019年11月26日, 採録日 2020年6月1日

概要: 著者らは, これまでの一連の研究で, 業務プロセスの伝票の突合せ状況から伝票不整合リスクを判定するアセスメント手法を提案し, 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ので内部脅威対策として有効であることも示した. また, 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に対して業務プロセスの最後にイベントを追加して伝票不整合リスクの低い業務プロセスへ改善する手法も提案した. 本論文では, 業務プロセスの途中にイベントを割り込ませて改善する手法を提案する. この改善手法は, 業務プロセスの最後にイベントを追加する場合も含め, 業務プロセスの途中にイベントを割り込ませて改善する. これによってアセスメント手法の実用性をさらに向上させた.

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

A Method for Improving Inconsistency Risks of Transaction Documents in Business Processes

TAKAFUMI KOMOTO^{1,a)} KOKICHI FUTATSUGI² NOBUKAZU YOSHIOKA¹

Received: November 26, 2019, Accepted: June 1, 2020

Abstract: Business processes can be assessed by checking transaction documents for inconsistency risks and can be classified into two categories (a low reliable business process and a high reliable one). We proposed an assessment method for inconsistency risks of transaction documents in business processes and also a method for improving the reliability of business processes. This paper proposes another method for improving a low reliable business process to a high reliable one. This method provides much better 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, internal security measure, business process, checking transaction documents, voucher matrix

1. はじめに

経営者が, 内部統制の観点から信頼できる業務プロセスを構築するとき [1], [2], [3], これまでは公認会計士などの専門家の知識や経験によっていた.

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, 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」ことと定めて, 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

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

^{a)} komoto@jaist.ac.jp

手法を提案した [8], [9].

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モデル化して、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る。実務で使われていると思われる業務プロセスにアセスメント手法を適用して、専門家の知識や経験だけに依存しないで、業務プロセスの信頼性を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].

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、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、業務プロセスの最後にイベントを追加することで実現する改善手法の 1 つを提案した [17].

しかし、この改善手法には業務プロセスの最後にイベントする追加するという制約があり、業務プロセスの途中でイベントを割り込ませて改善する場合は試行錯誤によっていた。そこで本論文では業務プロセスの途中でイベントを割り込ませて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、試行錯誤によらずに業務プロセスの信頼性を改善する様々な割込みイベント候補を提示できるようになり、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、2 章の「関連研究」で信頼できる業務プロセスの構築についての従来の取り組み・研究について述べる。そして、3 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あわせて説明し、仕入業務プロセスに適用した例を示す。4 章で「イベント割込みによる業務プロセスの伝票不整合リスクの改善手法」を、改善の方針、方法について述べ、改善手順にまとめて適用例を示した。最後に、5 章で「結論」をまとめる。

2. 関連研究

従来、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のは難しい。

また、財務報告の監査において用いられる様々な監査手法には、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。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、取引に係る内部統制を、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。著者らの手法のように、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、著者らは入手できていない。

著者らの一連の研究は、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、従来の研究にはない新しさと考える。本論文では、さらに、業務プロセスの途中でイベントを割り込ませて改善する手法を提案し、アセスメント手法の実用性をさらに向上させた。次章以降、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」から順を追って説明する。

3. 業務プロセスの信頼性のアセスメント手法

3.1 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、企業の取引業務にともなう業務イベントと、取引業務で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。

3.1.1 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」「伝票突合せ集合」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

信頼性のアセスメント手法は、次の(1)～(4)の手順からなる。

(1) 業務プロセスダイアグラムの作成

与えられた業務プロセスや業務手順書などから、業務プロセスダイアグラムを作成し、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

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 を設定する。 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。

(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。

3.4 仕入業務プロセスへの適用

図 2 で与えられた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、以下のようになる。

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

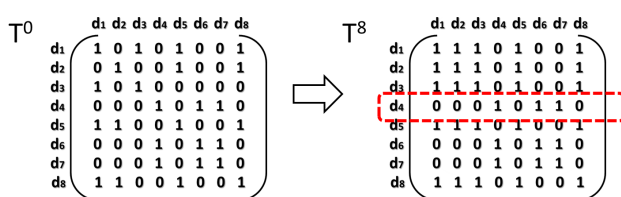


図 3 伝票突合せ行列 T^0, T^8

Fig. 3 Voucher matrix T^0, T^8 .

(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列 (T^8) の成分には 0 が残っている。図 3 を見ると、伝票突合せ行列 (T^8) の d_4 の行の成分は $(0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0)$ なので、列 d_1, d_2, d_3, d_5, d_8 との成分が 0 で、伝票 d_4 と伝票 d_1, d_2, d_3, d_5, d_8 が突合せされていないことを示している。このことを図 2 の仕入業務プロセスダイアグラムに照らして考えると、入庫報告書 d_4 が、注文書 d_1 、納品書 d_2 、検収報告書 d_3 、受領報告書 d_5 、支払書 d_8 と突合せされていないので、たとえば、入庫報告書 d_4 の数量と注文書 d_1 の数量に不整合があっても検知できない可能性があり、不整合があると取引の実在性に疑義が生じる。このため図 2 の仕入業務プロセスは伝票不整合リスクが高く、信頼性の低い業務プロセスと判定される。

4. イベント割込みによる業務プロセスの伝票不整合リスクの改善手法

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、伝票不整合リスクの高い業務プロセスと判定された。このとき、伝票不整合リスクの低い業務プロセスに改善することを考える。著者らは、業務プロセスの最後にイベントを追加することで改善する手法をすでに提案している [17]。

しかし、業務プロセスの最後にイベントを追加するだけでなく、業務の効率や部門の負担を考慮して、業務プロセスの途中にイベントを割り込ませて改善したい場合がある。

ここでは、業務プロセスの改善方針として、イベントの割込み（最後にイベントを追加することを含む）により業務プロセスの伝票不整合リスクを改善する一手法を提案する。

4.1 伝票不整合リスクの高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、出来上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。イベント割込みによる業務プロセスの信頼性の改善手法においても、その点を考慮して、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) 業務プロセスの途中に、イベント（業務フロー）を割り込ませることで伝票の突合せを改善する (図 4)。これには、業務プロセスの最後にイベントを追加する場合も含まれている。
- (4) 割込みイベントの送信部門は、責務の分離の原則から、1 つ前のイベントの送信部門か、受信部門に限る。

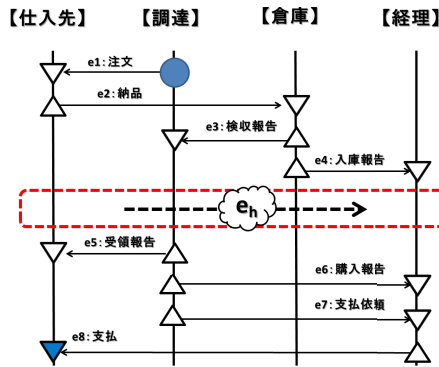
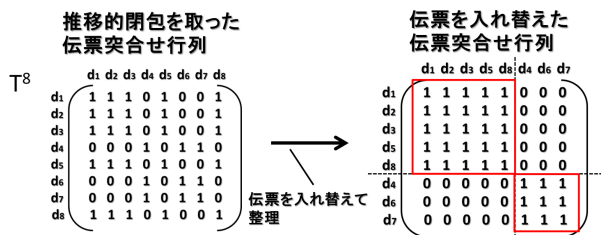


図4 イベント割込みによる業務プロセスの改善

Fig. 4 Improving method for business processes.

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 .

なお、割込み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。

4.2 イベント割込みによる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 h 番目 ($1 < h \leq n+1$) にイベント e_h を割り込ませて、伝票の突合せ状況を改善していくことを検討する。

4.2.1 不整合リスクの高い業務プロセスの伝票突合せ行列

不整合リスクが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、不整合リスク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。

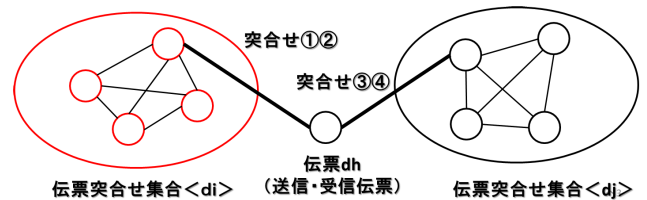
前章の仕入業務プロセスでは、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列 (T^8) の伝票を入れ替えて、互いに突合せされた伝票を見やすく整理すると、伝票突合せ集合は、以下の2つからなることが分かる (図5)。

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

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

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 ($\sim$) と見なせる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なる。

業務プロセスの h 番目にイベント e_h を割り込ませ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_h を割り込ませることで伝票突

図6 伝票 d_h による伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ の結合Fig. 6 Union of voucher sets $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$.

合せ集合の数を減らしていくことである。以下からは、伝票突合せ集合が2つに分かれている場合を検討する。伝票突合せ集合がいくつかに分かれている場合も、その中の適切な2つを結合して伝票突合せ集合を減らして行けばよい。

4.2.2 伝票突合せ集合を減らす割込みイベント e_h

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と、割り込ませるイベント e_h で送受信される伝票 d_h と突合せされるとよい (図6)。すると、 $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ は結合されて1つの伝票突合せ集合 $\langle d_h \rangle$ に結合されるので伝票突合せ集合の数は減る。

$$d_i \sim d_h, d_j \sim d_h \Rightarrow \langle d_h \rangle = \langle d_i \rangle \cup \langle d_j \rangle \cup \langle d_h \rangle$$

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、伝票 d_h と $\langle d_i \rangle$ の伝票とが突合せされるのは、以下の①、②のいずれかの場合である。

【伝票 d_h と $\langle d_i \rangle$ の伝票との突合せが発生するのは】

- ① 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を保管している。
- ② 伝票 d_h の送信部門、または受信部門が、 d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を受信する。

同様に、伝票 d_h と $\langle d_j \rangle$ の伝票とが突合せされるのは、以下の③、④のいずれかの場合である。

【伝票 d_h と $\langle d_j \rangle$ の伝票との突合せが発生するのは】

- ③ 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を保管している。
- ④ 伝票 d_h の送信部門、または受信部門が、 d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信する。

このため、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と、割り込ませるイベント e_h で送受信される伝票 d_h と突合せされるのは、①、②と③、④との以下の4通りの組合せである、

【伝票 d_h と $\langle d_i \rangle$ の伝票との突合せ、かつ伝票 d_h と $\langle d_j \rangle$ との伝票の突合せが発生するのは】 (図6)

- ①かつ③
- ①かつ④
- ②かつ③
- ②かつ④

ところが、以上の組合せの中には、伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ が異なる伝票突合せ集合 ($i \neq j$) であることに矛盾する場合が含まれている。たとえば、①かつ④の組合せで、①の伝票 d_h の受信部門がそれまでに $\langle d_i \rangle$ の伝票を保管していると、④の伝票 d_h の受信部門が d_h の送受信以降に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信することはない。なぜなら、伝票 d_h の受信部門がすでに $\langle d_i \rangle$ を保管しており、以降に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信すると伝票 d_h を仲介することなく $\langle d_i \rangle$ の伝票と突合せされ、 $\langle d_i \rangle$ と $\langle d_j \rangle$ が異なる伝票突合せ集合であることに矛盾する。矛盾する場合を除去するためには、④の記述から「 d_h の受信部門」を削除する必要がある。

このように矛盾する記述を削除し、さらに、 i と j (つまり伝票 d_i と d_j) は入れ替え可能なので、重複する記述を避けて整理すると、割込みイベント e_h の伝票 d_h により伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ を結合させるのは、次の3つの場合 (タイプ) になる。

【割込みイベント e_h の伝票 d_h による $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ の結合】

タイプ 1) :

- 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_i \rangle$, $\langle d_h \rangle$ の伝票を保管している

タイプ 2) :

- 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を保管していて、かつ伝票 d_h の送信部門が、 d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信する

タイプ 3) :

- 伝票 d_h の送信部門が d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を受信し、かつ伝票 d_h の受信部門が d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信する

以上を整理すると、伝票突合せ集合を減らす割込みイベント e_h (業務プロセスの h 番目に割り込むイベント) は、伝票 d_h の送信部門、受信部門が上記のタイプ 1)~タイプ 3) のいずれかの条件を満たすものとすればよい。なお、割込みする場所 h ($1 < h < n+1$) によっては、条件を満たす割込みイベント e_h が存在しない場合があるので注意する。ただし、最後 ($h = n+1$) に追加するイベント e_{n+1} は、タイプ 1) の条件を満たすものが必ず存在する [17]。

4.3 イベント割込みによる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、伝票不整合リスクが高いと判定された業務プロセスに、イベントを割り込ませて改善する手法の手順を示す。

業務プロセスの h 番目にイベントを割り込ませる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。

〈業務プロセスの信頼性の改善手順〉

(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異なる伝票突合せ集合 $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ ($i \neq j$) を抽出する。

(2) 業務プロセスダイアグラムにイベント割込み

業務プロセスの h 番目に、以下のタイプ 1)~タイプ 3) のいずれかの条件を満たすイベント e_h を割り込ませる。割り込むイベント e_h の候補が複数あるときには、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。

条件を満たすイベント e_h がないときは終了するか、イベントの割込み位置 h 番目 ($1 < h \leq n+1$) を変えて (2) を繰り返す。

タイプ 1) :

- 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_i \rangle$, $\langle d_h \rangle$ の伝票を保管している

タイプ 2) :

- 伝票 d_h の受信部門がそれまで (h 番目より前) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を保管していて、かつ伝票 d_h の送信部門が、 d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信する

タイプ 3) :

- 伝票 d_h の送信部門が d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_i \rangle$ の伝票を受信し、かつ伝票 d_h の受信部門が d_h の送受信以降 (h 番目より後) に $\langle d_j \rangle$ の伝票を受信する

なお、割り込むイベント e_h がタイプ 1)~タイプ 3) の複数の条件を同時に満たすことがある。

(1) の異なる伝票突合せ集合が $\langle d_i \rangle$, $\langle d_j \rangle$ ($i \neq j$) の2つで、条件を満たす割込みイベント e_h が見つかったときは終了。3つ以上のときは、(3) へ進む。

(3) 初期値の伝票突合せ行列の設定

イベントを割り込ませ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。

4.4 伝票不整合リスクが高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 2) に、イベント割込みによる業務プロセスの信頼性の改善手

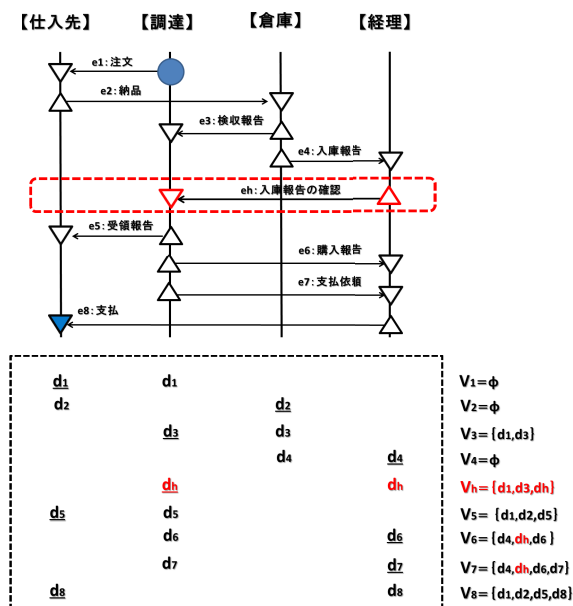


図 7 改善された仕入業務プロセスダイアグラム
Fig. 7 Improved purchase order process diagram.

法を適用する.

イベント割込みによる業務プロセスの信頼性の改善手法の適用結果は、以下になる。

- (1) 業務プロセスの伝票突合せ集合の抽出 (図 5)

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割込み (図 7)

ここでは、業務プロセスの4番目(e_4 :入庫報告)と5番目(e_5 :受領報告)の間($4 < h < 5$)にイベント e_h を割り込ませて改善することを検討する。イベント e_h で伝票 d_h を送信する部門の候補は、伝票 d_4 の送受信部門である倉庫と経理である。それぞれの送信部門候補で、タイプ1)~タイプ3)の条件を満たす伝票 d_h の受信部門の候補を検討すると、イベント e_h の候補は以下のイベントとなる。

	送信部門		受信部門
タイプ1)	・経理	⇒	仕入先
タイプ1)	・経理	⇒	調達
タイプ1)	・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，ここでは経理から調達へ伝票 d_h を送付するイベント e_h の意味を在庫報告の確認として業務プロセスダイアグラムに割り込ませる。

条件を満たす割込みイベント e_h が確定したので、以下の手順は不要であるが、念のため以下を確認する。

- (3) 初期値の伝票突合せ行列の設定 (図 8)

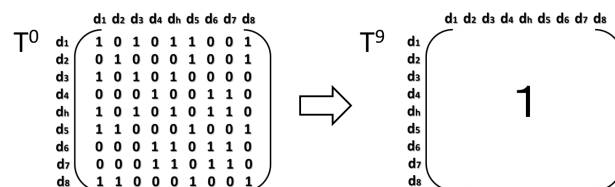


図 8 改善された業務プロセスの伝票突合せ行列 T^0 , T^9
Fig. 8 Improved voucher matrix T^0 , T^9 .

- (4) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出 (図 8)
- (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確かに改善された。

4.5 仕入業務プロセスを改善する割込みイベント e_h 候補の一覧

前節では、仮に、仕入業務プロセスの4番目 (e_4 : 入庫報告) と5番目 (e_5 : 受領報告) の間 ($4 < h < 5$) にイベント e_h を割り込ませて改善することを検討した。本改善手法は、特定の順番によらず、業務プロセスのどの順番の割込みでも適用可能である。この仕入業務プロセスでは、割込みする場所 h ($1 < h \leq n+1$) ごとに改善する割込みイベント e_h を検討すると全部で19通りの割込みイベント候補がある。これを、業務プロセスダイアグラムの伝票保管領域の表示を用いて一覧で示す(図9)。

なお、割込みする場所 h ($1 < h < n+1$) によっては、改善する割込みイベント e_h の候補がない場合もある。ただし、最後 ($h = n+1$) に追加するイベント e_{n+1} はタイプ 1) の条件を満たすイベント候補 e_h が必ず存在する [17].

もし、試行錯誤で業務プロセスの不整合リスクを改善する以下のイベント候補をすべて抽出しようとする、割り込む場所（h 番目）ごとに、送信部門候補（2 部門）、受信部門候補（3 部門）ので 6 通りの伝票突合せ行列の設定、推移的閉包の算出を含む操作が必要になる。そして、割り込み場所（h）は 8 カ所あるので、全部で 48 通りの伝票突合せ行列の設定、推移的閉包の算出を含む操作が必要になる。

これに対して、先に提案したイベント割込みによる業務プロセスの信頼性の改善手法を用いると、伝票突合せ行列の設定、推移的閉包の算出は不要で、16回、改善手順を繰り返すだけで済む（19通りのイベント候補の抽出が16回の改善手順実行で済むのは1回に複数の候補が見つかることがあるためである）。

本手法は、業務プロセスの伝票不整合リスクを論理的に改善するイベント割込みの候補を効率的に抽出することができる。しかし、抽出された割込みイベントの候補から、それぞれの現場での業務プロセスにおいて、適切な割込みイベントを決定することは、実務者の判断に委ねられる。

(d_iは送信伝票, d_iは受信伝票)

	候補番号	仕入先	調達	倉庫	経理
e1		d1	d1		
e1とe2間の 割込みイベント候補	1		dh		<u>dh</u>
	2	dh			<u>dh</u>
e2		d2		d2	
e2とe3間の 割込みイベント候補	3	dh			dh
e3			d3	d3	
e3とe4間の 割込みイベント候補		候補なし			
e4				d4	d4
e4とe5間の 割込みイベント候補	4	<u>dh</u>			dh
	5		<u>dh</u>		dh
	6			<u>dh</u>	dh
e5		d5	d5		
e5とe6間の 割込みイベント候補	7		dh	<u>dh</u>	
	8	dh		<u>dh</u>	
	9	dh			<u>dh</u>
e6			d6		d6
e6とe7間の 割込みイベント候補	10		dh	<u>dh</u>	
	11	<u>dh</u>			dh
	12		<u>dh</u>		dh
	13			<u>dh</u>	dh
e7			d7		d7
e7とe8間の 割込みイベント候補	14		dh	<u>dh</u>	
	15			<u>dh</u>	dh
e8		d8			d8
e8の後(最後)の 追加イベント候補	16			<u>dh</u>	dh
	17	dh	<u>dh</u>		
	18	dh		<u>dh</u>	
	19	dh			<u>dh</u>

図 9 業務プロセスを改善する割込みイベント一覧

Fig. 9 List of events for improving business process.

すなわち、実務者は割込みイベントの意味や作業効率、部門間の分担などを考慮して決定する必要がある。本手法によって、論理的に最適な割込みイベントを自動的に決定できるのではなく、最終決定は実務者の判断に負うという限界がある。

5. 結論

経営者が、内部統制の観点から信頼できる業務プロセスの構築するとき、業務プロセスの信頼性には客観的な基準がないので、公認会計士などの専門家の知識や経験に頼らなければならなかった。これに対して、著者らは、取引の実在性に係る「業務プロセスの信頼性」の1つの基準を、「伝票の突合せによる整合性」と定めて、この基準に沿ってモデル化し、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]。また、このアセスメント手法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、業務プロセスの最後にイベントを追加することで実現する改善手法の1つを提案した[17]。

本論文では、さらに、業務プロセスの途中にイベントを割り込ませて改善する手法を提案し、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、試行錯誤によらずに業務プロセスの信頼性を改善する様々な割込みイベント候補を効率良く提示して、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、業務プロセスの信頼性を改善する様々な割込みイベント候補が提示できるようになったが、反面、数多くの候補の中から現場に最適なイベントを選択するのが負担になることが考えられる。今後、アセスメントツールなどを整備して容易にできるようにしていきたい。

謝辞 本論文の作成に、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。また、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。本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究により得られたものです。

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, 二本厚吉, 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, pp.55–66, Springer (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).
- [17] 河本高文, 二木厚吉, 吉岡信和: 業務プロセスの伝票不整合リスクの改善手法, 情報処理学会論文誌, Vol.60, No.9, pp.1500–1508 (2019).



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. 形式手法 (formal methods) の研究を進め, HISP, OBJ, CafeOBJ (cafeobj.org) 等の先駆的な形式仕様言語を設計開発し, それらに基づく仕様検証法を研究開発してきた. 汎用科学技術としての形式手法の確立と, 形式手法を核とした

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 年), 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, 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, 産業技術総合研究所客員研究員, CATS 先端研究所特任研究員を務める.



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, 機械学習工学, セキュリティ・プライバシーソフトウェア工学, ソフトウェア工学の研究に従事. 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.