情報処理学会論文誌 Vol.59 No.9 1699–1708 (Sep. 2018)

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

河本 高文[1,a)] 二木 厚吉[2] 吉岡 信和[2]

受付日 2017年11月25日, 採録日 2018年6月8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，実務で使われている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手法を示した．しかし，実務では，伝票突合せが確実に実行できると期待できる部門と，実行されない可能性の残る部門とがある．これに対応できるように，部門ごとの伝票突合せの確実性（部門レベル）を反映して，アセスメントができるように手法を拡張した．社外の部門やアウトソースされた部門などの伝票突合せを除外し（部門レベルの低い部門として），伝票不整合リスクを判定できるようにして，アセスメント手法の実用性を向上させた．同時に，作業者による伝票改ざんを検知できることから，本アセスメント手法が情報セキュリティ上の内部脅威対策として有効であることを示した．

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

Assessing Business Processes by Checking Transaction Documents of Each Division for Inconsistency Risks

Takafumi Komoto[1,a)] Kokichi Futatsugi[2] Nobukazu Yoshioka[2]

Received: November 25, 2017, Accepted: June 8, 2018

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 inconsistencies. This paper proposes an extended method for the assessment by checking transaction documents of each division. Each division has the attributes associated with checking transaction documents or not. The assessment is more practicable to design and evaluate business processes for a company's internal control over financial reporting. And we showed that it's effective as 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，業務プロセスの中で作業ミスや不正が見過ごされ，財務報告に虚偽取引が記載されることがないように業務プロセスを構築しなければならない．会計監査において，公認会計士から不備を指摘されると，投資家からの信頼を損なうことになりかねず，経営上，好ましくない [1], [2], [3].

公認会計士は，会計監査において，財務報告にミスや不正がないか，実査，立会，関係者への質問などの監査手法を駆使して監査を行う．監査手法には取引に関連する伝票間に不整合がないか，取引に関連する一連の伝票を突合せして相違がないか検証する手法がある [5].

[1] R&M システムコンサルタント
Research and Making System Consultant, Akishima, Tokyo 196–0003, Japan
[2] 国立情報学研究所
National Institute of Informatics, Chiyoda, Tokyo 101–8430, Japan
[a)] komoto@jaist.ac.jp

一方，取引の業務プロセスにおいても，作業を担当する部門の担当者は，同一取引において，先に受領，保管している伝票と新たに受領した伝票の品名や数量，単価などの項目に相違がないかのチェックを自然に行っている．

会計監査で行われている，取引に関連する一連の伝票突合せが，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あり，業務プロセスの信頼性を高めることができる．

著者らはこれまで，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」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手法を提案している [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．

しかし，実務では，さらに，伝票突合せが確実に実行できると見なせる部門と，実行されない可能性の残る部門とがある．これに対応できるように，部門ごとの伝票突合せの有無を反映して，アセスメントができるように手法を拡張した．社外の部門や，同じ社内の部門でも，作業がアウトソースされている部門やアルバイトなどの未熟練者が行う部門などの伝票突合せを除外して，伝票不整合リスクを判定できるようにして，アセスメント手法の実用性を向上させた．

また，同時に，本アセスメント手法は，作業者の伝票改ざんを検知することから情報セキュリティ上の内部脅威対策としても有効であることを示した．

本論文の構成は，最初に，2 章で「業務プロセスの信頼性と伝票突合せ」の関係を説明する．次に，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，手法で用いられる業務プロセスダイアグラム（3.1 節）と伝票不整合リスク判定アルゴリズム（3.2 節）とあわせて説明して，標準仕入業務プロセスに適用した例（3.4 節）を示す．そして，4 章で「部門の伝票突合せ有無を反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法」への拡張を述べる．さらに，5 章で拡張したアセスメント手法を使った「ケーススタディ」を行う．また，6 章でアセスメント手法を情報セキュリティの「内部脅威対策への応用」を示す．7 章で「関連研究」を述べ，8 章で「結論」をまとめる．

2. 業務プロセスの信頼性と伝票突合せ

業務プロセスの信頼性と伝票突合せの関係を，以下の簡単な例（**図 1**，**図 2**）を用いて説明する．

まず，伝票突合せとは，業務プロセス内（同一取引）において，各部門の作業員が，先に受領，保管している伝票と，新たに受領した伝票の品名，数量，単価などの，同一取引で同一となるべき特定の項目に相違がないか，チェックすることである．

ただし，ある部門の作業員によって 2 つの伝票が突合せされる（直接的な伝票突合せ）と，それぞれの部門で突合せされた伝票を集積したとき，その中に，同一の伝票が含まれていると，その同一の伝票を介して，お互いの部門の伝票が突合せされていると見なされる，間接的な伝票突合せがある．本論文では，直接的な伝票突合せと間接的な伝票突合せを合わせて，伝票突合せと呼ぶ．

2.1 業務プロセスの伝票突合せ

図 1 の 2 つの業務プロセスは，どちらも指示に基づき作業を行い報告を上げることを表している．

左の業務プロセスは，A から B へ，指示書で作業を指示している．指示を受けた B は，指示書に基づき作業を

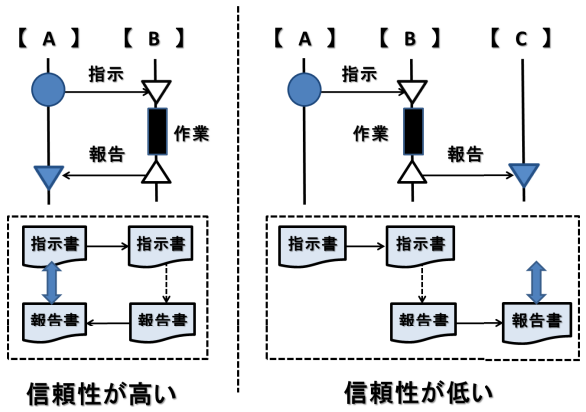

図 1 業務プロセスの伝票突合せ

Fig. 1 Checking transaction documents of business process.

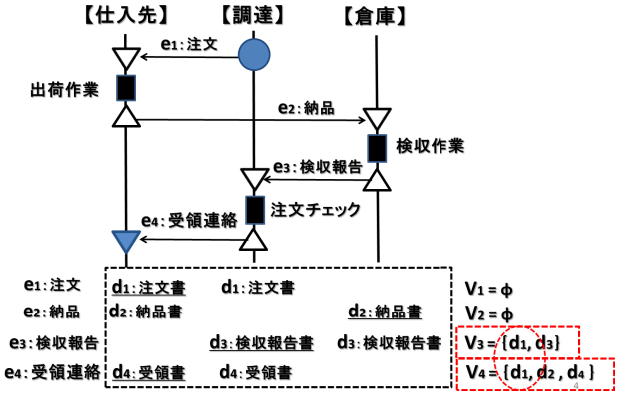

図 2 注文・納品プロセスダイアグラム

Fig. 2 Order-to-delivery process diagram.

行い，作業の報告書を A に返している．このとき，A は指示書と報告書を突き合わせて，B の作業に誤りがないかチェックできる．つまり，この業務プロセスは，伝票突合せが行われているので，伝票の不整合リスクが低く，信頼性の高い業務プロセスと判定する．

一方，右の業務プロセスは，作業を行った B は，A ではなく，C へ報告している．このとき，C は指示書を保持していないので，指示書と報告書を突き合わせて，B の作業をチェックできない．つまり，この業務プロセスは，伝票突合せが行われていないので，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する．

2.2 直接的な伝票突合せと間接的な伝票突合せ

図 2 は，調達が，仕入先に物品を注文して，仕入先から注文した物品が納品される「注文・納品プロセス」を表している．

この「注文・納品プロセス」では，調達は，仕入先に注文書（伝票 d_1）を発行して，物品を注文する．仕入先は，注文書（伝票 d_1）を受領すると，注文された物品の出荷作業を行い，納品書（伝票 d_2）を発行して，注文を受けた物品とともに倉庫に納品する．倉庫は，物品と納品書（伝票 d_2）を受領し，納品に誤りがないかチェックして，検収報告（伝票 d_3) を調達へ上げる．調達は，受領した検収報告書（伝票 d_3）と自ら発行し保管している注文書（伝票 d_1）とを突合せしてチェックし，仕入先へ受領書（伝票 d_4）を発行する．仕入先は，受領書（伝票 d_4）と，保管している注文書（伝票 d_1），納品書（伝票 d_2）を突合せしてチェックする．

このとき，伝票の突合せ状況（図 2 の破線内）を見てみると，1 つ（伝票突合せ集合 V_3）は，調達が，倉庫から検収報告書（伝票 d_3）を受領したとき，検収報告書（伝票 d_3）と注文書（伝票 d_1）を直接突合せしている．もう 1 つ（伝票突合せ集合 V_4）は，仕入先が，調達から受領書（伝票 d_4）を受け取ったとき，受領書（伝票 d_4）と注文書（伝票 d_1），納品書（伝票 d_2）を直接突合せしている．

ここで，調達での伝票突合せ（V_3）と，仕入先での伝票突合せ（V_4）の，どちらにも注文書（伝票 d_1）が含まれている．伝票突合せは，伝票の品名，数量，単価などの特定の項目に相違がないかチェックすることなので，直接突合せされていない，検収報告書（伝票 d_3）と，納品書（伝票 d_2）や受領書（伝票 d_4）も，注文書（伝票 d_1）を介して，間接的に突合せされていると見なしてよい．

つまり，この「注文・納品プロセス」は，すべての伝票突合せが行われているので，伝票の不整合リスクが低く，信頼性の高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．

3.1.1 業務プロセスダイアグラムの要素と表記法

例（図 1，図 2）を用いて示したように，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．
- 「伝票突合せ集合（vouchered documents）」：受領した伝票と，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　$a, b \in \mathrm{Div}$（Div は部門全体）
- イベント　$e_n(a, b) \in \mathrm{E}$（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　$n \in \mathrm{N}$（N は自然数）
- 伝票　$d_n \in \mathrm{Doc}$（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
- 伝票突合せ集合　$V_n(a)$：イベント $e_n(\text{-}, a)$ 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 3** に示す．

3.1.2 業務プロセスダイアグラムの前提

ここでは，標準的な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，作業ミスや不正によって，取引に共通すべき伝票の項目（品名，数量，金額など）が書き換わっていると，それを検知する．

業務プロセスダイアグラムは，取引の業務プロセスにおいて，作業者による伝票の突合せで，作業ミスや不正によ

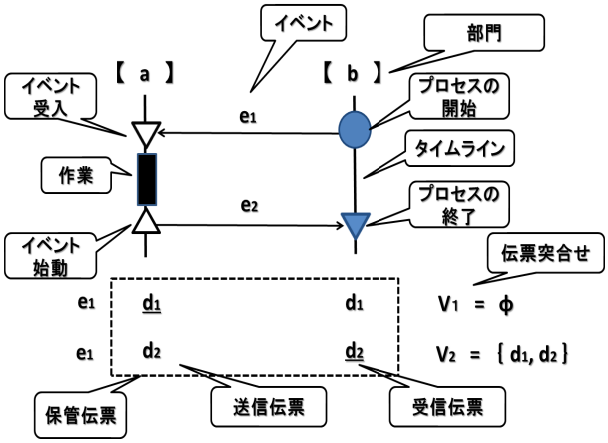

図 3 業務プロセスダイアグラム
Fig. 3 Business process diagram.

る虚偽取引を，伝票の不整合によって検知するのに用いる．このように，業務プロセスダイアグラムは，作業者の作業ミスや不正に注目しているので，伝票の送付中や保管中に伝票は書き換わらないことを前提とする．つまり，同一イベントの送信伝票と受信伝票は，同一と見なす．

次に，業務プロセスのイベント順序の前提をおく．企業内の業務は，責務の分離の原則から，一般に，指示のない作業は実施しない．そのため，業務プロセスダイアグラムにおいて，業務プロセス開始のイベントを除いて，伝票を受領していない部門が，イベントを始動して伝票を送付することはできないことを前提とする．つまり，業務イベントは，いつも決まった順序で実施される．

3.2 伝票不整合リスク判定アルゴリズム

ある業務プロセスが与えられたとき，業務プロセスダイアグラムを作成すれば，簡単な業務プロセスなら，すべての伝票が突合せされているか，いないかを，業務プロセスダイアグラムを見て，視覚的に判定できる．しかし，少し複雑な業務プロセスでは，業務プロセスダイアグラムから，目視で，すべての伝票が突合せされているかを，判断するのは難しい．

なぜなら，業務プロセスダイアグラムで抽出された伝票突合せ状況は，各部門で直接的な突合せがされた伝票の集合なので，複雑な業務プロセスで，多数の直接的な伝票突合せ集合から，目視で同一伝票を探し出し，間接的な伝票突合せを考慮して，すべての伝票が直接，間接に突合せされているかを，判断するのが難しいからである（図 4）．

そこで，著者らは，業務プロセスダイアグラムで抽出した直接的な伝票突合せ状況を，隣接行列（伝票突合せ行列）で表現し，これを用いて，すべての伝票が突合せされているかを，数理的に判定する業務プロセスの伝票突合せ不整合リスク判定アルゴリズムを示した [7]．

伝票突合せ不整合リスク判定アルゴリズムは，伝票突合せに推移律が成り立つことに基づいて，伝票突合せ行列の推移的閉包を Floyd-Warshall のアルゴリズム [6] で算出して，すべての伝票が突合せされているかを判定する．

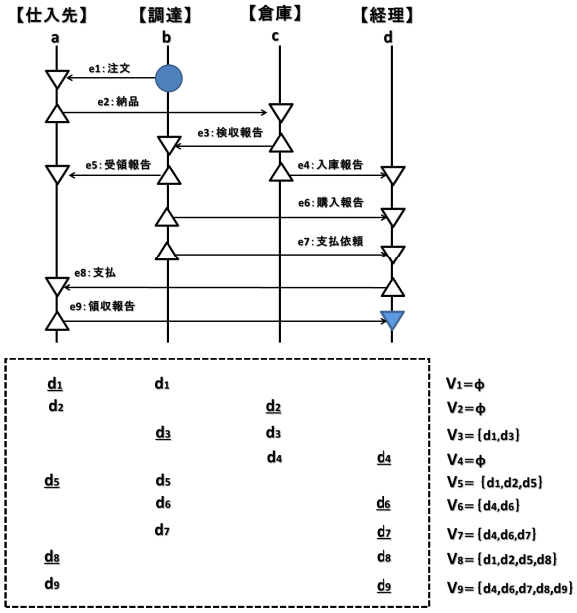

図 4 標準仕入業務プロセスダイアグラム
Fig. 4 Standard purchase order process diagram.

3.3 業務プロセスの信頼性のアセスメント手法

これまで説明してきた，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を用いて，業務プロセスの伝票不整合リスク，つまり業務プロセスの信頼性を判定する．

業務プロセスが与えられたとき，業務プロセスダイアグラムを作成して，直接的な伝票突合せ集合を求める．それを，初期の伝票突合せ行列に設定し，伝票不整合リスク判定アリゴリズムを適用して，行列の推移的閉包を計算する．その結果，行列の成分がすべて 1 であるか，そうではないか，により，業務プロセスのすべての伝票突合せがされていて，伝票不整合リスクは低い業務プロセスか，突合せされない伝票の残る，伝票不整合リスクの高い業務プロセスか，を判定する．

これらの一連の手続きを，以下に，業務プロセスの信頼性のアセスメント手法として整理する．

業務プロセスの信頼性のアセスメント手法は，次の (1)〜(4) の手続きからなる．

(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，伝票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 $\mathrm{V}_1, \mathrm{V}_2, \cdots,$

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例 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り立つことによる．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．

3.4 標準仕入業務プロセスへの適用

企業内の取引で使い込まれてきた，標準的な仕入業務プロセス [4] 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．標準的な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]．

標準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) 標準仕入業務プロセスダイアグラム作成（図 4）
(2) 初期値の伝票突合せ行列（T^0）設定（**図 5**）
(3) 伝票突合せ行列の推移的閉包（T^9）算出（図 5）
(4) 標準仕入業務プロセスの信頼性の判定

標準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^9）の成分は，すべて 1 となっているので，業務プロセスのすべての伝票は，いずれからの部門で突合せ検証されている．このため，伝票不整合リスクは低く，信頼性の高い業務プロセスと判定できる．

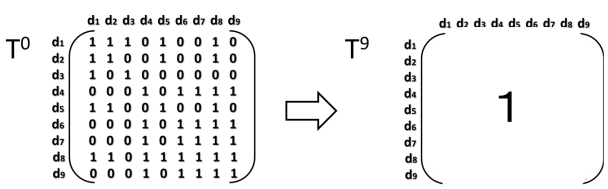

図 5 伝票突合せ行列 T^0，T^9
Fig. 5 Voucher matrix T^0, T^9.

4. 部門の伝票突合せ有無を反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法

前章で，標準仕入業務プロセスはすべての伝票が突き合わせられるので，伝票間の不整合リスクが低い，信頼性の高い業務プロセスと判定された．

しかし，この業務プロセスには，社外の仕入先が部門として含まれている．仕入先は内部統制の観点から考えると，統制範囲外の部門であり，仕入先の伝票突合せを除外して，すべての伝票が突き合わせられているか，伝票不整合リスクが低いか，つまり業務プロセスの信頼性は高いか，を判定するのが合理的である．

また，社外の部門に限らず，社内部門でも，作業をアウトソースしている部門や主にアルバイトなどの未熟練者が担当している部門の伝票突合せを除外して，業務プロセスの信頼性を判定したい場合がある．

そこで，部門ごとに，伝票突合せあり，なしの属性を持たせて，その部門の属性が伝票突合せありのときは伝票突合せを有効にし，伝票突合せなしのときは伝票突合せを除外するように，アセスメント手法を拡張する．

4.1 業務プロセスダイアグラムの拡張

業務プロセスダイアグラムに，「部門の伝票突合せ有無」（部門レベル）の要素を追加する（**図 6**）．そして，「伝票突合せ集合」を抽出する際，以下のとおり，「部門の伝票突合せ有無」に，従って処理する．

- 部門　$a, b \in Div$（Div は部門全体）
- 部門の伝票突合せ有無　La（a は部門）（L と省略可）：La = 1（伝票突合せあり），La = 0（伝票突合せなし）

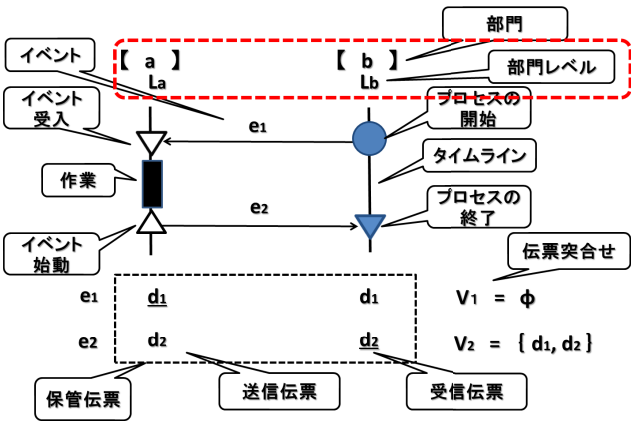

図 6 拡張した業務プロセスダイアグラム
Fig. 6 Extended business process diagram.

- 伝票突合せ集合 $V_n(a)$（V_n と省略可）：部門 a がイベント e_n で伝票 d_n を受信した後で，
  $La = 1$ のとき，V_n は部門 a の保管伝票 S_n
  $La = 0$ のとき，V_n は空集合

4.2 業務プロセスの信頼性のアセスメント手法の拡張

部門の伝票突合せの有無を反映した，業務プロセスの信頼性のアセスメント手法は，従来のアセスメント手法 (1)〜(4)（3.3 業務プロセスの信頼性のアセスメント手法）のうち，(1) を，以下の (1)' に置き換えるだけで，指定した部門の伝票突合せを除外して，業務プロセスの信頼性のアセスメントが実施できる．

(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，伝票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．伝票突合せ集合 V_n は，伝票を受信した「部門 a の伝票突合せ有無」La が 1 のとき，保管伝票 S_n．「部門 a の伝票突合せ有無」La が 0 のとき，空集合とする．

5. ケーススタディ

最初に，3.4 節で適用した標準仕入業務プロセスに対して，社外の仕入先の伝票突合せを除外して，部門の伝票突合せ有無を反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法を適用する．

5.1 社外の仕入先の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスの信頼性のアセスメント

仕入業務プロセスの「各部門の伝票突合せ有無」を，以下のように設定して，部門の伝票突合せ有無を反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法 (1)'〜(4) を実施する．

「部門の伝票突合せ有無」L の設定
　仕入先：0（伝票突合せなし）
　調達　：1（伝票突合せあり）
　倉庫　：1（伝票突合せあり）
　経理　：1（伝票突合せあり）

(1)' 仕入先の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスダイアグラム作成（**図 7**）
(2) 初期値の伝票突合せ行列（T^0）設定（**図 8**）
(3) 伝票突合せ行列の推移的閉包（T^9）算出（図 8）
(4) 仕入先の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスの信頼性の判定

仕入業務プロセスの伝票突合せ行列（T^9）の成分に 0 が残っている．これまで，仕入先で，伝票突合せされていた，納品伝票 d_2，受領伝票 d_5 が突合せされなくなり，これらの伝票と他の伝票とに不整合があっても，業務プロセス内で検知できないリスクが高いので，仕入先の伝票突合せを

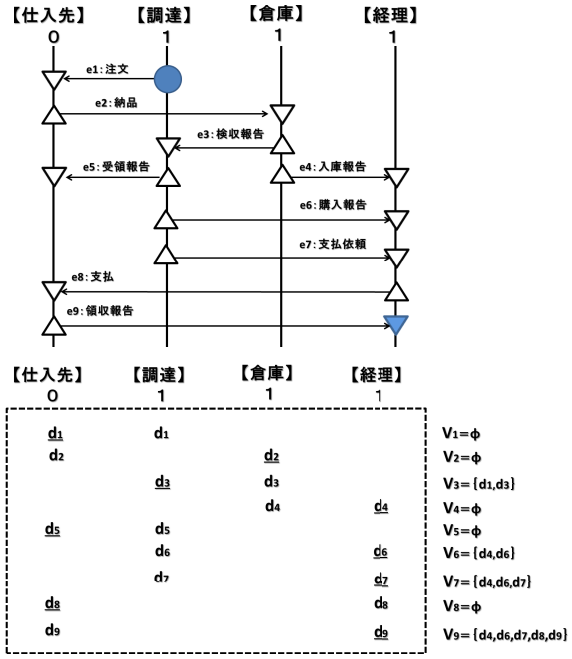

図 7 仕入先の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスダイアグラム
Fig. 7 Purchase order process diagram without checking transaction documents by creditors.

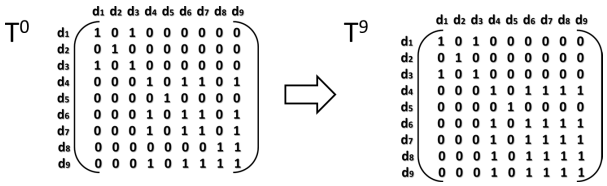

図 8 仕入先の伝票突合せを除外した伝票突合せ行列 T^0，T^9
Fig. 8 Voucher matrix without checking transaction documents by creditors T^0, T^9.

除外した仕入業務プロセスは，信頼性の低い業務プロセスと判定される．

なお，仕入先の伝票突合せを除外したため，注文書 d_1，検収報告書 d_3 は，d_1 と d_3 は突合せされるが，残りの伝票とは突合せされない．互いに突合せされている伝票集合は，以下のとおりに分離していることが，伝票突合せ行列（T^9）から分かる．

互いに突合せされている伝票集合：

$$\{d_1, d_3\} \quad \{d_2\} \quad \{d_5\} \quad \{d_4, d_6, d_7, d_8, d_9\}$$

5.2 伝票突合せによる信頼性の向上に向けた仕入業務プロセスの改善

仕入先の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスは，伝票突合せの観点で，信頼性の低い業務プロセスと判定された．アセスメントによって，突合せ検証されていない伝票があることを認識して，他の手段によって，伝票不整合リスクに対処することが重要であるが，一方，もし容易に改善できるのなら，業務プロセスの改善に取り組みたい．

ここでは，信頼性の高い業務プロセスへの改善を試みる．

伝票突合せの観点からの業務プロセスの改善には，さまざまな方法が考えられるが，実務上，業務プロセスに新たな部門の追加やタスクの追加は，コストの観点で困難がともなう．このため，部門間に伝票の写しや報告のイベントを追加して，業務プロセスの改善を試行錯誤する．

これまで，仕入先で伝票突合せされていた納品伝票と受領伝票に注目して，これらの伝票を，他の部門で伝票突合せできるように，伝票写し e_2 イベント，領収書受領連絡 e_{11} イベントを追加した仕入業務プロセスを作成した（**図 9**）．

(1)’ 改善した仕入業務プロセスダイアグラム作成（図 9）
(2) 初期値の伝票突合せ行列（T^0）設定（**図 10**）
(3) 伝票突合せ行列の推移的閉包（T^{11}）算出（図 10）
(4) 改善した仕入業務プロセスの信頼性の判定

改善された仕入業務プロセスの伝票突合せ行列（T^{11}）の成分はすべて 1 となり，すべての伝票は突合せされ，伝票不整合リスクが低く，信頼性の高い業務プロセスに改善できた．

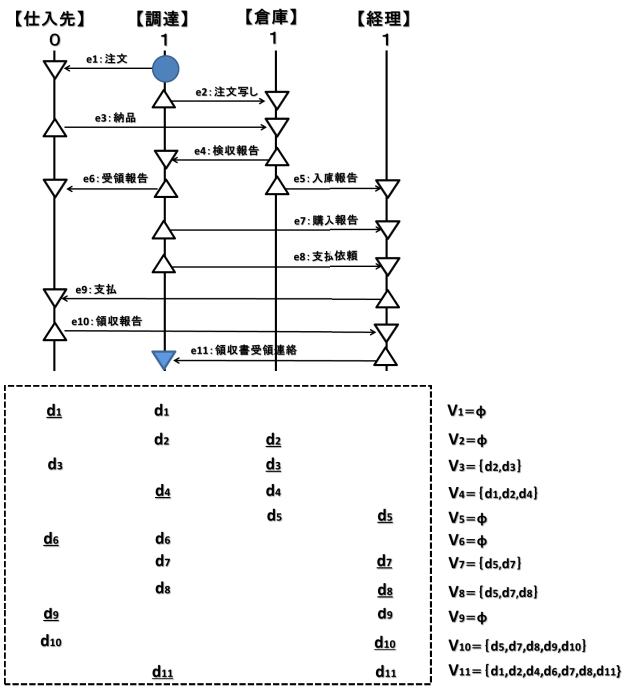

図 9 改善した仕入業務プロセスダイアグラム
Fig. 9 Improved purchase order process diagram.

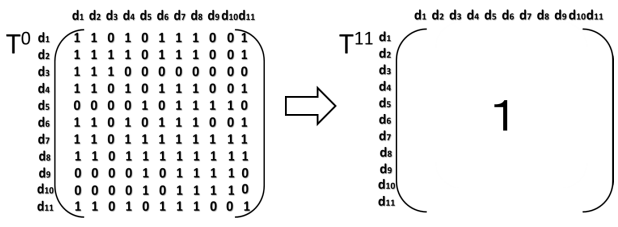

図 10 改善された伝票突合せ行列 T^0，T^{11}
Fig. 10 Improved voucher matrix T^0, T^{11}.

5.3 社内の倉庫の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスの信頼性のアセスメント

さらに，社内の部門でも，作業をアウトソースしている部門や主にアルバイトなどの未熟練者が担当している部門として，倉庫部門の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスに，部門の伝票突合せ有無を反映した業務プロセスの信頼性のアセスメント手法を適用する．

「部門の伝票突合せ有無」L の設定
仕入先：0（伝票突合せなし）
調達　：1（伝票突合せあり）
倉庫　：0（伝票突合せなし）
経理　：1（伝票突合せあり）

(1)’ 倉庫の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスダイアグラム作成（**図 11**）
(2) 初期値の伝票突合せ行列（T^0）設定（**図 12**）
(3) 伝票突合せ行列の推移的閉包（T^{11}）算出（図 12）
(4) 倉庫の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスの信

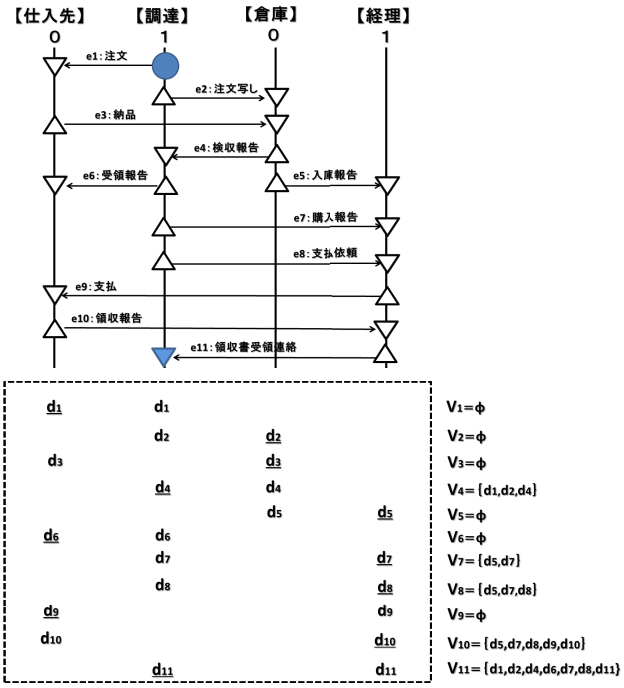

図 11 倉庫の伝票突合せを除外した業務プロセスダイアグラム
Fig. 11 Purchase order process diagram without checking transaction documents by warehouses.

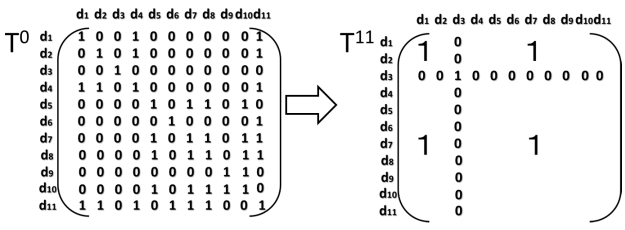

図 12 倉庫の伝票突合せを除外した伝票突合せ行列 T^0，T^{11}
Fig. 12 Voucher matrix without checking transaction documents by warehouses T^0, T^{11}.

頼性の判定

倉庫の伝票突合せを除外した仕入業務プロセスは，伝票突合せ行列（T^{11}）の成分に 0 が残っており，突合せ検証されていない伝票があり，伝票不整合リスクの高い，信頼性の低い業務プロセスと判定される．

突合せされていない伝票は，納品伝票 d_3 だけであり，他の伝票は互いに突合せされている．

互いに突合せされている伝票集合：

$$\{d_3\} \quad \{d_1, d_2, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}\}$$

納品伝票 d_3 は，伝票突合せを除外した部門間で送受信されているので，新たに部門間に伝票の写しや報告のイベントを追加するだけでは伝票突合せできないため，容易な業務プロセスの改善は難しい．アセスメントによって，仕入先と倉庫間で送受信される納品伝票 d_3 が，突合せ検証されていない伝票であることを認識して，他の手段によって伝票不整合リスクに対処することが重要である．

6. 内部脅威対策への応用

これまで説明してきた業務プロセスの信頼性のアセスメント手法による判定は，情報セキュリティの内部脅威対策としても有効に機能する．すなわち，財務報告に係る伝票の記載誤りは虚偽と見なされるため，業務プロセスにおける部門の作業者が，内部の攻撃者として伝票を書き換える脅威に対して，伝票突合せ行列の成分がすべて 1 となる信頼性の高い業務プロセスでは，すべての伝票の突合せが行われているので，伝票書き換えがあると，いずれかの部門で，必ず検知可能で，伝票書き換えの脅威対策となっている．

以下に，部門の作業者のミス（偶発的な脅威）による伝票書き換えシナリオと，不正（意図的な脅威）による伝票改ざんシナリオに対して，本アセスメント手法で信頼性が高いと判定された業務プロセスでは，伝票書き換えが検知可能であることを示す．

6.1 ミス（偶発的な脅威）による伝票書き換えシナリオ

3.4 節で議論した「標準仕入業務プロセス」（図 4）のように，推移的閉包を計算した伝票突合せ行列の成分がすべて 1（図 5）となる信頼性の高い業務プロセスは，すべての伝票がいずれかの部門で突合せ検証されているので，部門の作業者のミスによる伝票書き換えがあると，いずれかの部門で検知可能である．

すなわち，本アセスメント手法で，信頼性が高いと判定された業務プロセスは，ミスによる伝票書き換えの脅威対策となっている．

6.2 不正（意図的な脅威）による伝票改ざんシナリオ

5.2 節で議論した「改善した仕入業務プロセス」（図 9）のように，ある部門（図 9 では仕入先）の伝票突合せを除外して，推移的閉包を計算した伝票突合せ行列の成分がすべて 1（図 10）となる信頼性の高い業務プロセスは，すべての伝票が（ある部門を除いた）いずれかの部門で伝票突合せ検証されているので，伝票突合せを除外した部門の作業者が不正に伝票改ざんしても，その部門以外の部門で検知可能である．

すなわち，本アセスメント手法で，ある部門の伝票突合せを除外して信頼性が高いと判定された業務プロセスは，ある部門の作業者の不正による伝票改ざんの脅威対策となっている．

7. 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のは難しい．

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．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例 [7] はあるが，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．

本論文のアセスメント手法は，だれもが馴染みのある伝票突合せに基づくため，しばしば同様な研究がすでに行われているとの指摘を受けるが，行われている具体的な研究についての情報は示されていない．

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．

8. 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，伝票突合せが確実に実行できると見なせる部門と，実行されない可能性の残る部門とに対応できるように，部門ごとの伝票突合せの有無を設定して，アセスメントができるように手法を拡張した．

これにより，社外の部門や，同じ社内の部門でも，作業がアウトソースされている部門やアルバイトなどの未熟練者が行う部門などの伝票突合せを除外して，業務プロセスの信頼性のアセスメントを実施できるようになった．

ケーススタディにおいて，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ために，部門間に伝票の写しや報告のイベントを追加して，業務プロセスの改善を試行した．

また，本アセスメント手法は，情報セキュリティ上の作業員のミスによる伝票書き換えや不正な伝票改ざんの脅威対策として有効に機能することを示した．

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．今後，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，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．

参考文献

[1] 清水惠子，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] コルメン，T.，ラザソン，C.，リベスト，R.，シュタイン，C.：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 (2017).
[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, Vol.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).

河本 高文 （正会員）

R&M システムコンサルタント．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）

国立情報学研究所特任教授．産業技術総合研究所客員研究員．北陸先端科学技術大学院大学名誉教授．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 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，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主査等を務める．

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．