

# 並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法の改善

河本 高文<sup>1,a)</sup> 二木 厚吉<sup>2</sup> 吉岡 信和<sup>3</sup>

**概要:** 著者らは、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伝票突合せアセスメント手法を提案し、さらに、これまで責務分離の原則から直列順序で決定的に実行されることを前提としていた業務プロセスを、並列イベントを含む業務プロセスに対してもアセスメントできるように拡張した。しかし、イベント順序が非決定的な並列イベントを含む業務プロセスを議論するとき、従来の表記法では、イベントの順番を入れ替えた新しいイベント順序を、タイムラインに沿って並べられるイベントの配置などによる直感的な理解に頼っており、厳密性に欠けていた。そこで、イベントの識別子  $i$  とイベント順序  $n$  を分離して導入することで、直感に頼らずとも、理解できるように、表記法を改善して提案する。これによって、並列イベントを含む業務プロセスのアセスメントをより厳密に行うことができるようになった。

**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

## On improving our checking transaction documents assessment for business process involving parallel events

Takafumi Komoto<sup>1,a)</sup> Kokichi Futatsugi<sup>2</sup> Nobukazu Yoshioka<sup>3</sup>

**Abstract:** We proposed a method for the assessment of business processes by checking transaction documents. And we showed that the assessment is practicable to design and evaluate business processes for a company's internal control over financial reporting, and it's effective as an internal security measure on the information security. And we proposed an extended method for the assessment of business processes involving parallel events by checking transaction documents. In this paper we propose the strict elements and notation of business process diagram to assess business processes.

**Keywords:** Internal Control, Internal Security Measure, Business Process, Checking Transaction Documents, Voucher Matrix

### 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する必要がある[5][9]。信頼できる業務プロセスの構築には専門家の知識や経験に基づく支援は有用[1][2][3]であるが、さまざまな取組みの中で、ひとつひとつの取組みが何を根拠に行われているのか、客観的な根拠が示されていないことがある。

そこで著者らは、公認会計士の会計監査における監査手法の一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][10][11]。そして、業務プロセスの信頼性の一つの基準を、「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伝票突合せアセス

メントする手法を提案した[7][8][12][13][14][15][16]。また、伝票突合せアセスメント手法の業務プロセスのイベントは、責務分離の原則から直列順序で決定的に実行されることを前提としていたが、非決定的に実行される並列イベントを含む業務プロセスに対応できるように伝票突合せアセスメント手法を拡張した[17]。

しかし、イベント順序が非決定的な並列イベントを含む業務プロセスを議論するとき、従来の表記法では、イベントの順番を入れ替えた新しいイベント順序を、タイムラインに沿って並べられるイベントの配置などによる直感的な理解に頼っており、厳密性に欠けていた。そこで、本論文では、イベントの識別子  $i$  とイベント順序  $n$  を分離して導入することで、直感に頼らずとも理解できるように、表記法を改善して提案する。これによって、並列イベントを含む業務プロセスのアセスメントをより厳密に行うことができるようになった。

本論文の構成は、2章で著者らが提案している「業務プ

1 アールアンドエムシステムコンサルタント  
Research and Making System Consultant

2 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

3 早稲田大学 理工学術院総合研究所

Waseda Research Institute for Science and Engineering,  
a) [komoto@jaist.ac.jp](mailto:komoto@jaist.ac.jp)

プロセスの伝票突合せアセスメント手法」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を合わせて説明し、仕入業務プロセスに適用した例を示す。さらに、3章で並列イベントを含む伝票突合せアセスメント手法を示す。そして、4章では、イベントの識別子*i*とイベント順序*n*を分離して導入することで、並列イベント含む業務プロセスの伝票突合せアセスメントを直感に頼らずとも理解できるように、改善した表記法を提案する。最後に、5章「おわりに」で結論をまとめる。

## 2. 業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法

### 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、企業の取引業務に伴う業務イベントと、取引業務で発行される伝票の保管状況及び伝票突合せをモデル化したダイアグラムである。

伝票突合せアセスメント手法の伝票突合せとは、取引で発行されるそれぞれの伝票が持つ同一の項目（売上取引における商品名・単価・数量・合計金額など）に相違がないか突合せを照合することを指す。伝票に複数行の明細があるときは、それぞれの明細の突合せを行う。また、伝票突合せは、伝票を受信した部門が、その受信伝票と、その部門でそれまで保管しているすべての伝票と突合せ照合する。

#### 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。
- ・「作業」：伝票を受信した部門が実施する作業（省略可）
- ・「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。（本論文で用いる集合は、特に断らない限り有限集合とする。）

- ・部門  $a, b, \dots \in \text{Div}$  (Div は部門全体の集合)
- ・イベント  $e_n(a, b) \in E$  (E はイベント全体の集合)
- ：送信部門  $a$  から受信部門  $b$  へ伝票を送受信するイベントを表す。（ $e_n$  と省略できる）
- ・伝票  $d_n \in \text{Doc}$  (Doc : 伝票全体の集合)
- ：イベント  $e_n(a, b)$  で送受信する伝票

- ・部門  $a$  の保管伝票  $S_n(a)$
- ：イベント  $e_n(a, b)$  の後で部門  $a$  が送受信した伝票
- ・部門  $b$  の伝票突合せ集合  $V_n(b)$
- ：イベント  $e_n(a, b)$  で伝票  $d_n$  を受信した部門  $b$  の保管伝票  $S_n(b)$  ( $V_n$  と省略できる)

業務プロセスダイアグラムの表記を、図1に示す。

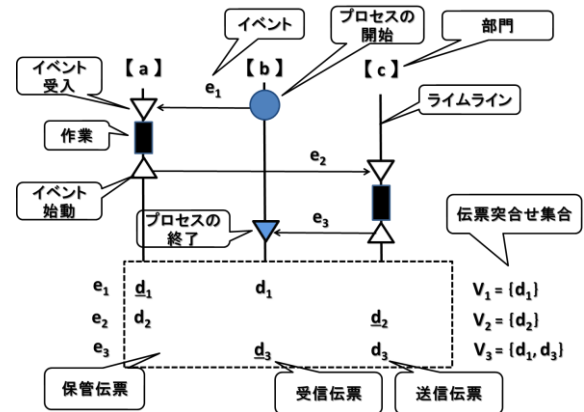


図1 業務プロセスダイアグラム

Figure 1 Business process diagram

### 2.2 伝票不整合リスク判定アルゴリズム

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、各部門で直接的に突合せされた伝票の集合である。伝票突合せには、推移律（伝票： $d_1$ と伝票： $d_2$ が突合せされ、かつ伝票： $d_2$ と伝票： $d_3$ が突合せされていると、伝票： $d_1$ と伝票： $d_3$ は突合せされている）が成立するので、間接的な伝票突合せも反映する必要がある。

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、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[6][7]。

### 2.3 業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法

ここまでの説明を整理してまとめると、業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法は、次の(1)~(4)の手順から成る。

#### (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の流れ図や業務記述書などから、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  $V_1, V_2, \dots, V_n$  毎に、 $V_i$  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, 初期値の伝票突合せ行列  $T^0$  の推移的閉包を求め, 伝票突合せ行列  $T^9$  とする.

(4) 業務プロセスの信頼性の判定

伝票突合せ行列  $T^9$  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ので, 信頼性の高い業務プロセスと判定する.

伝票突合せ行列  $T^9$  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ので, 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

図 2 で与えられた仕入業務プロセスに, 業務プロセスの伝票突合せ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い, 仕入先から領収書を受け取る[4].

この仕入業務プロセスの伝票突合せ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 ( $T^9$ ) 算出 (図 3)

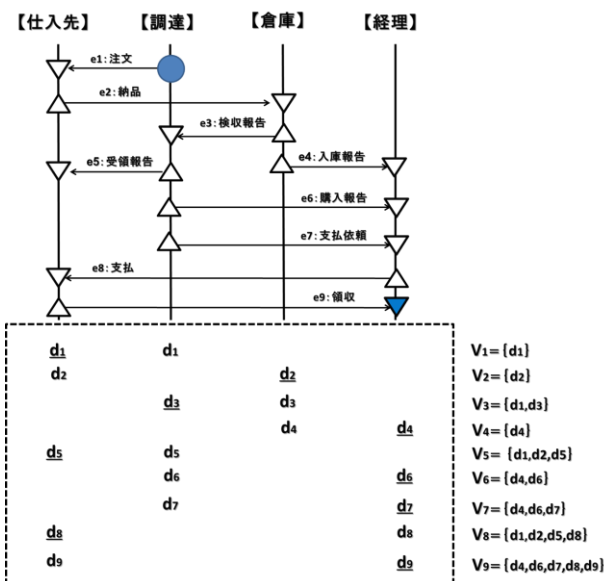


図 2 仕入業務プロセスダイアグラム  
Figure 2 Purchase order process diagram

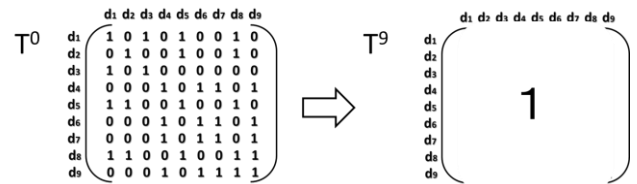


図 3 伝票突合せ行列  $T^0, T^9$   
Figure 3 Voucher matrix  $T^0, T^9$

(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 ( $T^9$ ) の成分はすべて 1 なので, すべての伝票が突合せされていて, 伝票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る.

3. 並列イベントを含む伝票突合せアセスメント手法

3.1 並列イベントを含む業務プロセスダイアグラム

業務プロセスのイベント順序が, 非決定的に実行される並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセスメントに対応するために, まず, 業務プロセスダイアグラムの表記を拡張する. 業務プロセスダイアグラムの業務フロー領域と伝票突合せ集合領域に, 破線で囲まれた「並列イベント区間」要素を設けて, この区間ではイベントの順序は非決定的とする.

・「並列イベント区間」: 破線で囲まれた区間のイベント順序は非決定的で, どの順序でも実行される可能性がある.

図 4 に示す並列イベント区間を含む業務プロセスダイアグラムの表記においては, イベント  $e_2, e_3$  が,  $e_2 \rightarrow e_3$  の順序で実行される可能性と  $e_2 \rightarrow e_3$  の順序で実行される可能性がある. 一般に, 並列イベント区間内に  $m$  個のイベントがあれば, この区間のイベント実行順序の可能性は  $m!$  通りある.

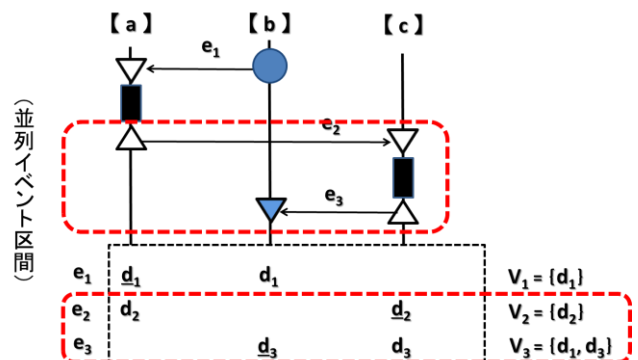


図 4 業務プロセスダイアグラムの拡張  
Figure 4 Extending Business Process Diagrams

3.2 並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセ

### スメント手法

次に、並列イベントを含む（並列イベント区間を持つ）業務プロセスの伝票突合せアセスメントを、以下のとおり定める。

並列イベント区間内のイベント数  $m$  の、すべてのイベント順序 ( $m!$  通り) 毎に、それぞれ伝票突合せアセスメント (1) ~ (4) (2.3 節) を実施する。そして、すべてのイベント順序での業務プロセスのアセスメント結果から、以下の (5) のとおり、並列イベントを含む業務プロセスの信頼性を判定する。

#### <並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法>

並列イベント区間内のイベント数： $m$  のとき、すべてのイベント順序 ( $m!$  通り) 毎に (1) ~ (4) を実施する。

- (1) 業務プロセスダイアグラムの作成
- (2) 初期の伝票突合せ行列の設定
- (3) 伝票突合せ行列の推移的閉包の算出
- (4) 業務プロセスの信頼性の判定

そして、

- (5) 並列イベントを含む業務プロセスの信頼性の判定

並列イベント区間内の  $m$  個のイベントに対して、 $m!$  通りのすべてのイベント順序で、業務プロセスの信頼性が高いと判定されたとき、すなわち、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列のすべての成分が 1 のとき、その並列イベントを含む業務プロセスは、伝票不整合リスクの低い、信頼性の高い業務プロセスと判定する。あるイベント順序において、信頼性が低いと判定されたとき、すなわち、推移的閉包を算出した伝票突合せ行列のある成分に 0 が残るとき、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する。

### 3.3 並列イベントを含む仕入業務プロセスへの適用

前節で提案した並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法を、図 5 で与えられた並列イベントを含む仕入業務プロセスに適用する。この仕入業務プロセスの並列イベント区間には、イベント「 $e_4$ : 入庫報告」と「 $e_5$ : 受領報告」の 2 つのイベントがあり、イベントの実行順序は  $e_4 \rightarrow e_5$  と  $e_5 \rightarrow e_4$  の (2!) の可能性がある。

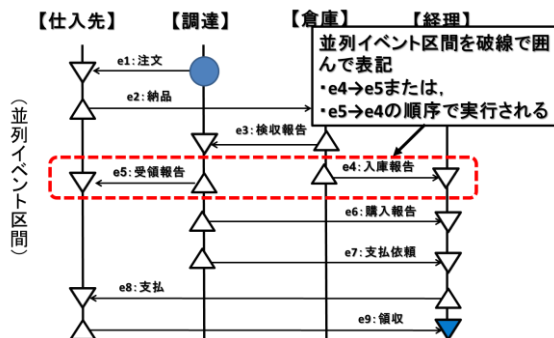


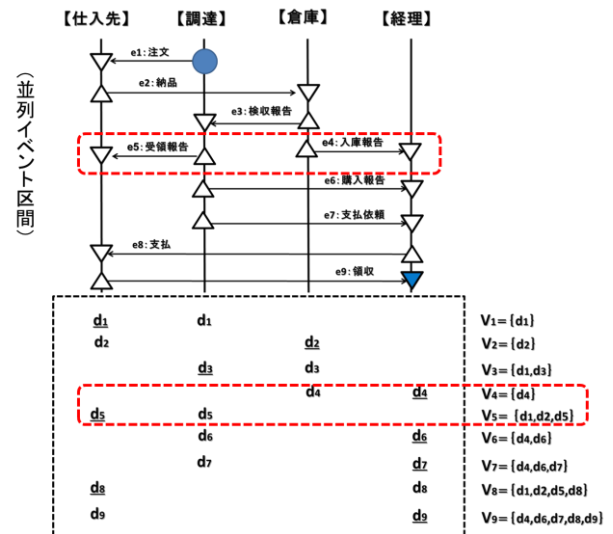
図 5 並列イベントを含む業務プロセスダイアグラムの業務フロー領域

Figure 5 Business process diagram with parallel events

このとき、並列イベント区間でのイベント順序 1)  $e_4 \rightarrow e_5$ , 2)  $e_5 \rightarrow e_4$  それぞれの伝票突合せアセスメントを実施する。(図 6, 図 7) その結果、いずれのイベント順序でも推移的閉包を算出した伝票突合せ行列のすべての成分が 1 で信頼性が高い判定される。

そのため、並列イベントを含むこの仕入業務プロセスは信頼性が高いと判定された。

#### 1) 並列イベント区間 ( $e_4 \rightarrow e_5$ ) のアセスメント



#### 伝票突合せ行列 (初期値→推移的閉包)

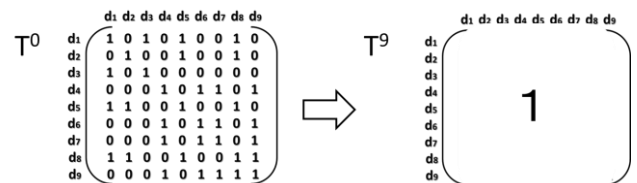


図 6 並列イベント区間 ( $e_4 \rightarrow e_5$ ) のアセスメント結果

Figure 6 Results of the assessment ( $e_4 \rightarrow e_5$ )

#### 2) 並列イベント区間 ( $e_5 \rightarrow e_4$ ) のアセスメント

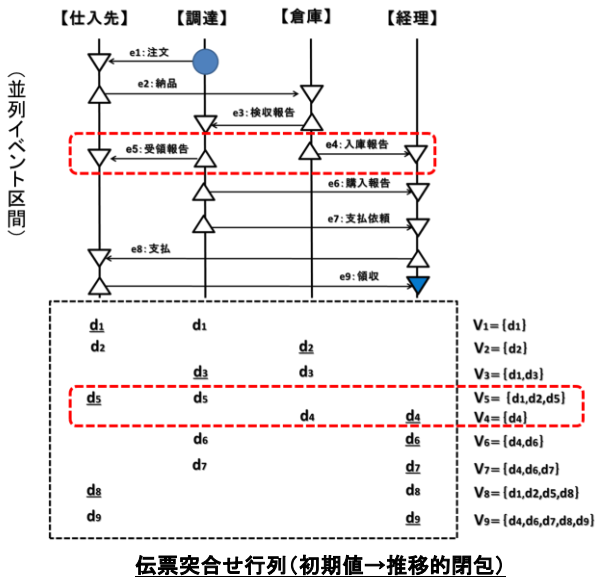


図 7 並列イベント区間 (e5→e4) のアセスメント結果  
Figure 7 Results of the assessment (e5→e4)

## 4. 並列イベントを含む業務プロセスの伝票突合せアセスメント手法の改善

### 4.1 並列イベントを含む業務プロセスダイアグラム

これまでの業務プロセスダイアグラムの要素の表記法において、イベント  $e_n$  は、イベント順序  $n$  とイベント識別子  $n$  を同じ  $n$  で表現していたため、イベントの順番が非決定的な並列イベントを含む業務プロセスを議論するとき、イベント  $e_n$  はイベント順序  $n$  番目のイベントを指している、順番を入れ替えた新しい順序を明示できない不都合があった。この不都合は、これまでタイムラインに沿って並べられるイベントの図の中の配置による直感的な理解に頼っていたが、厳密性に欠けるもので問題がある。そこで、イベント順序  $n$  とは別に識別子  $i$  を導入して、 $n$  番目に実施される識別子  $i$  のイベントを  $e_i^n$  と表現して、イベント順序の入れ替えによるイベント識別のあいまいさを解消した。これに伴い業務プロセスダイアグラムの要素と表記法の全体を見直して改善を図った。

#### 4.1.1 業務プロセスダイアグラムの要素と表記法の見直し

イベント識別子  $i$  を導入して、業務プロセスダイアグラムの構成要素や表記を見直し、以下とおりに改善した。

- ・「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」：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。
- ・「作業」：伝票を受信した部門が実施するタスク (省略可)
- ・「並列イベント区間」：イベント順序が非決定的で、どの順序でも実行される可能性がある破線で囲まれた区間。
- ・「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。(本論文で用いる集合は、特に断らない限り有限集合とする。)

- ・部門  $a, b, \dots \in Div$  ( $Div$  は部門全体の集合)
  - ・識別子  $i \in I$  ( $I$  は添字集合)：構成要素を区別する
  - ・イベント順序  $n \in \mathbf{N}$  ( $\mathbf{N}$  は自然数)：イベントの番号、それまでのイベント個数を表す。
- 以下、イベント順序が  $n$  番目のとき、
- ・イベント  $e_i^n(a, b, d_i^n) \in E$  ( $E$  はイベント全体の集合)：イベント順序が  $n$  番目の時、送信部門  $a$  から受信部門  $b$  へ伝票  $d_i^n$  を送受信するイベントを表す。  
( $e_i^n$  と省略できる)
  - ・伝票  $d_i^n$  (伝票名)  $\in Doc$  ( $Doc$ ：伝票全体の集合)：イベント  $e_i^n$  で送受信する伝票  
( $d_i^n$  と省略できる)
  - ・部門  $a$  の保管伝票  $S^n(a)$ ：イベント  $e_i^n$  の後で部門  $a$  がイベント順序  $n$  までに送受信した伝票
  - ・伝票突合せ集合  $V^n$ ：イベント  $e_i^n$  で伝票  $d_i^n$  を受信した部門の保管伝票  $S^n(a)$  ( $V^n$  と省略できる)

図 8 は、イベント順序 2 番目、3 番目の区間が並列イベント区間で、 $s, t$  をイベント順序すると、イベント  $e_2^s, e_3^t$  が  $s=2, t=3$  で実行される可能性と、 $s=3, t=2$  で実行される可能性があることを示す。ただし、保管伝票と部門の伝票突合せ集合は、便宜上、イベント順序  $s, t$  がそれぞれ  $s=2, t=3$  の結果を表記している。



