

WS-BPEL で構成された分散業務プロセスの可視化と 問題摘出手法の検証

NEC システム基盤ソフトウェア開発本部 神南吉宏, 磯崎洋祐, 島村栄, 菊地伸治

E-mail : y-kanna@bl.jp.nec.com, y-isozaki@bk.jp.nec.com, simamura@cd.jp.nec.com,
s-kikuchi@bp.jp.nec.com

近年, 分散配置されたサービス群を連携させ, 一連の業務処理として動作させる分散業務プロセスの重要性が高まっている. 分散業務プロセスの安定的運用には, 分散業務プロセスを監視する技術が不可欠であるが, 現状ではこのような技術は未成熟である. 本報告では, 分散業務プロセスを可視化, モデル化し, 監視するアーキテクチャを定義することにより, 分散業務プロセスを監視する手法を確立し, さらにこの技術が分散業務プロセスの障害特定に有効であることを報告する.

Verification of Visualization and Error Detection of Distributed WS-BPEL Processes with Web Services

Yoshihiro Kanna, Yohsuke Isozaki, Hisashi Shimamura, Shinji Kikuchi
(NEC System Platform Software Development Division)

Recently, distributed business process, cooperation of a group of distributed services, has become more important. To realize a stable management of distributed business processes, it is necessary to monitor the distributed business processes. However, this type of technology has not been matured yet. Therefore, we present a methodology for distributed business processes monitoring with a model and visualization function for distributed business processes and the architecture for the distributed business processes monitoring. We also present that our methodology is effective on detecting an error of distributed business processes.

1. はじめに

近年の企業内のシステム統合においては, システム間を密に連携させる EAI (Enterprise Application Integration) 等の手法が主流であると言える. これはシステムを密結合させるため, 効率などの面で有利ではあるが, 運用ポリシーが異なるなどの理由により密結合できない企業間システム統合には適さないという問題がある. これに対し, この問題の解決手法として以前より Web サービスおよび SOA (Service Oriented Architecture) などが期待されてきている. これらは, システムの機能をサービスとして外部から利用可能な形で公開し, このサービスを WS-BPEL [1] 等によって連携させ, システム間を疎結合することを可能にする.

総じて, 企業間のシステム統合を実現する SOA 等の技

術は普及, 発展の途上にあるが, 統合されたシステムを安定的に運用するためには, 業務全体を把握し, システム障害を素早く検知するための監視機能が不可欠である. しかしながら, 一般に企業間, 組織間に分散した業務システムは構成が複雑である上, システムの構成要素が多様であり, さらに各構成要素が広い範囲に分散している等の特徴があるため, 監視そのものを実現するには新たに解決すべき課題が多数存在する. このため, 企業間, 組織間に分散した業務システムを監視する技術はまだ未成熟な状態にあり, これを確立し発展させることは急務な課題であると言える.

著者らは, SOA に基づき, 複数の企業, 組織が個々の業務を Web サービスとして外部から利用可能な形で公開し, WS-BPEL を利用して Web サービスや他の WS-BPEL プロセス (WS-BPEL 仕様に準拠した定義を WS-BPEL 処理系で

実行したものを連携させることで遂行される業務処理全体を1つの“分散業務プロセス”として定義するためのモデルを検討した[6]。その上で、この“分散業務プロセス”を監視する手法について検討し、この手法に基づいてプロトタイプを構築し、その障害検知能力を評価してこの手法の有効性を確認した。本稿では、著者らの分散業務プロセスの監視手法と、その有効性について報告する。

以下に、本稿の構成について説明する。2章では、分散業務システムの監視についての関連研究について解説する。3章では、分散業務プロセス監視手法の構成と動作について述べる。4章では、手法の有効性を評価した結果を、5章ではこの結果についての考察を述べ、6章で全体の結論を述べる。

2. 関連研究の動向

SOA に基づいたシステムのモニタリングに関する研究は様々な角度から進められているが、著者らの方向性に合致するものは少ない。

WS-BPEL プロセスの振舞を監視する手法については F. Barbon や H. Roth らの研究がある [2] [3]。前者は WS-BPEL 処理系(プロセスエンジン)を拡張し、エンジンからメッセージ入出力、プロセス進捗イベントを取得することによりエンジンの振舞を監視する方式に関する研究である。後者は、定義を拡張し監視対象となるイベントが発生するごとにモニタリングサービスを呼び出すことによりエンジンの振舞を監視する方式を提案している。

プロセスの動作の正統性を評価する手法については、Z. Li や L. Baresi らの研究がある [4] [5]。前者はサービス間の依存関係の制約情報と、サービス間の呼び出しログを照らし合わせ、サービスが制約に反した呼び出しを行っていることを検出することを提案している。後者は、WS-BPEL プロセス定義を拡張し、プロセスが呼び出すサービスが規定時間内に処理を終えていることを検出する方式を提案している。

いずれも、SOA に基づいて構成された業務システムに対する監視機能についての研究であるが、個々の WS-BPEL プロセスの監視などにとどまっており、分散した業務システム全体を包括的に監視するには至っていない。現時点において、多様な構成を持ち、広範囲に分散している Web サービス、WS-BPEL プロセスを用いた分散業務プロセスの動作を俯瞰的、包括的に監視する統一的な方式や手法、ならびにその研究はまだ途に付いたばかりであると考えられる。このような監視手法が存在しなければ、広範囲に分散したシステムの障害を発見するために、様々な Web サービス、WS-BPEL プロセスの動作を

個別に監視し、その実行結果を収集し、分析する等の複雑かつ手間のかかる作業が必要になる。そのため、分散業務プロセスを監視し、障害を自動的に発見し警告を発する等の機能は監視効率の飛躍的な向上に寄与すると期待できる。

そこで著者らは、分散業務プロセスを監視し、障害を自動的に発見し警告を発する手法の実現を課題として定義した。

3. 分散業務プロセス監視手法

3.1. 総括

著者らは、分散業務プロセス監視手法として分散業務システムを構成する個々の Web サービス、WS-BPEL プロセスの過去から現在までの動作情報を収集し、これらの間の関連性を分析して分散業務プロセスの動作履歴として再構成するという手法が有効であると考えられる。この手法を実現するには、個々の Web サービス、WS-BPEL プロセスの動作履歴情報を収集するためのアーキテクチャと、動作情報間の関連性を分析するための分散業務プロセスの情報モデルが必要となる。

そこで本章では、分散業務プロセスの情報モデルと、動作情報を収集するためのアーキテクチャについて論じる。

3.2. 分散業務プロセスに関する情報モデル

分散業務プロセスに関する情報モデルは、プロセスの動作とメッセージの送受信に着目して定義されている。情報モデルの構成を図1に示す。

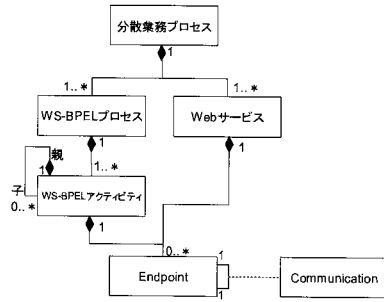


図1 分散業務プロセスに関する情報モデル

分散業務プロセスは、複数の Web サービス、WS-BPEL プロセスが相互に連携し、一連の業務を遂行する大きなプロセスをあらわす。WS-BPEL プロセス、Web サービスは情報モデルにおいては分散業務プロセスの一部に位置付けられる。WS-BPEL プロセスはさらに、複数の WS-BPEL アクティビティによって構成される。WS-BPEL の仕様から、WS-BPEL アクティビティはツリー状の親子関係を持つため、情報モデルにおいても親子関係が定義されてい

る。WS-BPEL アクティビティの一部と Web サービスはメッセージの送受信を行うが、このメッセージの送信部、受信部を、情報モデルでは Endpoint (送受信されるメッセージの端点) として表現している。これにより、メッセージの送受信関係は Endpoint 間の 1 対 1 の関係として表現される。情報モデルではこれを Communication として表現している。以上のような情報モデルに基づき、分散業務プロセス全体にわたる構成を記述し、それらを正しく把握することが可能となる。また、後述する監視のためのアーキテクチャで収集した情報を情報モデルに基づいて処理することにより、分散業務プロセス全体の進捗状況を WS-BPEL アクティビティ単位で把握することが可能になる。

3.3. 監視のためのアーキテクチャ

監視のためのアーキテクチャの基本構成は、図 2 のようになる。図 2 の上半分に記述されている分散業務プロセス監視システムは、前述の情報モデルをメタデータとして維持管理するとともに、分散業務プロセスの動作履歴を保持するものである。分散業務プロセス監視システムは、監視情報プロセッサから最新の監視情報を受ける構成になっている。分散業務プロセス監視システムは、受け取った監視情報をあらかじめ定義されている分散業務プロセスモデルと、過去の分散業務プロセスの動作履歴を元に分析し、分散業務プロセスを更新していく。こ

れにより、分散業務プロセス監視システムは常に最新の分散業務プロセスの状態と、過去から現在までの分散業務プロセスの動作履歴を保持することができる。

図 2 の下半分は、分散業務プロセスの実行環境であり、これは WS-BPEL プロセス、Web サービス、WS-BPEL プロセスを実行する WS-BPEL エンジン、Web サービスを実行する Web サービスコンテナ等で構成されている。さらに、WS-BPEL エンジンと Web サービスコンテナには、送受信するメッセージを処理するメッセージプロセッサが配置されている。実行環境で実行された WS-BPEL プロセスに関する情報は WS-BPEL エンジンからプロセスログとして独自の形式で出力されるが、このログは監視機能によって収集される。さらに、メッセージプロセッサが出力するメッセージログも同時に収集される。監視機能は、これらのログを解析し、分散業務プロセス監視システムにおいて統一的に利用可能な監視情報となる様に変換し、分散業務プロセス監視システムにこれらを送信する。この構成により、WS-BPEL エンジンや WS-BPEL プロセスに特別な拡張を行わずに WS-BPEL プロセスを監視することが可能となる。Web サービスを監視している監視機能は、Web サービスが送受信したメッセージに関するメッセージログを収集し、これを監視情報に変換して同様に分散業務プロセス監視システムに送信する。

著者らはさらに、図 2 の基本アーキテクチャをもとに

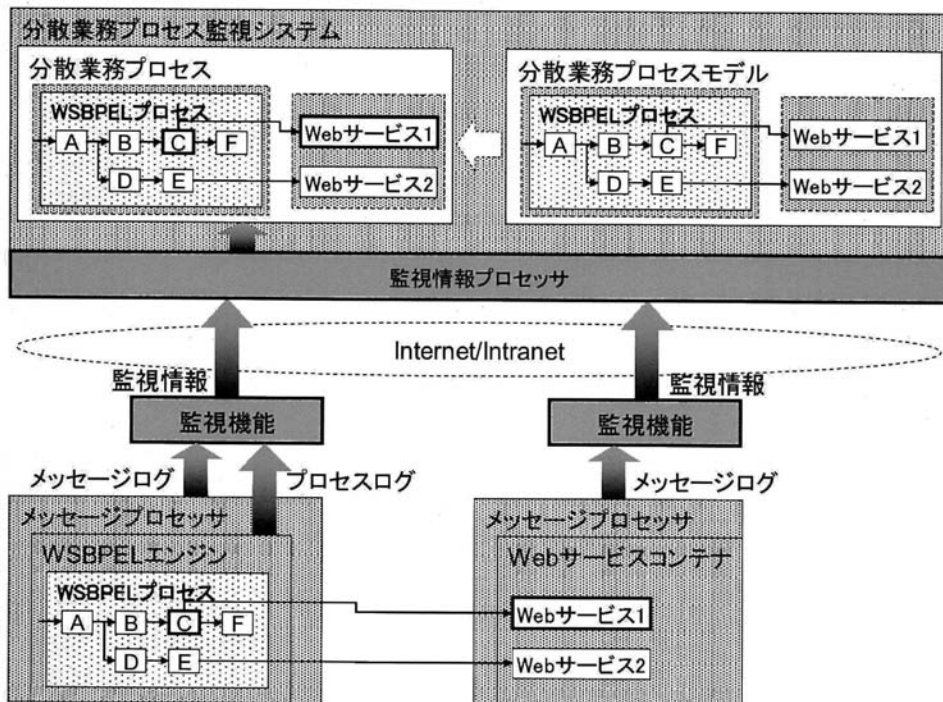


図 2 分散業務プロセス監視アーキテクチャ構成

図3のような警告機能を組み込んでいる。監視機能においては、ログ情報から WS-BPEL プロセスの不具合情報を判別するエラー判定機能を追加し、監視情報のほかにエラー情報を分散業務プロセス監視システムに送信する。分散業務プロセス監視システムは受け取ったエラー情報を警告情報として保存し、閲覧可能にする。一方、分散業務プロセス監視システムにはプロセス監視機能が追加されている。この機能は定期的に分散業務プロセスの状態を検査し、分散業務プロセスの動作が情報モデルにおける定義どおりでない箇所や、動作が滞っている箇所等を発見し、警告情報として保存する。この警告機能により、分散業務プロセスの動作に不具合が発生した際に、これを分散業務プロセス全体の視点で解釈し、迅速かつ正確に抽出可能になる。

その他、このアーキテクチャ上で実現可能な事項をいくつか述べる。分散業務プロセスの動作記録を集計、分析する機能により、分散業務プロセスのボトルネック、無駄の特定を容易にし、分散業務プロセス全体の改善に利用することが可能である。また、分散業務プロセスの動作を制御する機能と組み合わせることにより、分散業務プロセスの実行状況、障害状況に応じて最適な制御を行うことが可能となる。

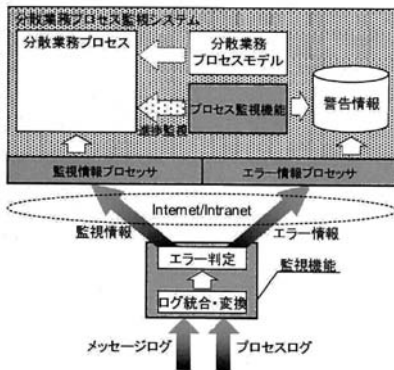


図3 警告機能の構成

4. 評価

4.1. 有効性評価

前述のアーキテクチャに基づいてプロトタイプを構築し、その有効性について評価した。評価に際しては以下のような実験を行っている。この実験の主旨は、分散業務プロセスにランダムに配置された問題箇所を2人の被験者が同時に異なるやり方で分析した際の問題発見までの時間等を計測することで、前述のアーキテクチャの有効性を実証するとともに、先の情報モデルと警告機能がもたらす効果を明確にすることにある。

[実験方法]

- 3つの WS-BPEL プロセス、9個の Web サービスからなる分散業務プロセスを定義、配備する。
- 9個の Web サービスのうちの1つまたは2つで、呼び出し回数に対して 10%の確率で著しい応答性能の低下を引き起こすよう設定する。なお、この Web サービスは無作為に決められ、その内容は被験者には通知されない。
- 以上のような環境で分散業務プロセスを 20 プロセス動作させる。この 20 プロセスの動作中に、1 回以上の応答性能の低下を発生させる。
- 2 人の被験者が、分散業務プロセスで応答性能の低下が発生した箇所と回数を調査する。このとき、一方の被験者は分散業務プロセス監視システムの警告機能を利用し(以下“警告機能あり”), もう一方の被験者は WS-BPEL エンジン、Web サービスコンテナのログ情報のみを利用する(以下“ログ情報のみ”)。なお、分散プロセス監視システム、ログ情報の利用経験が少なく、操作には十分習熟していない者を被験者とする。
- 上記の試行を 20 回実施する。一回ごとに、被験者の役割を交代させる。

[実験評価手法]

評価に際しては、被験者が解析を終えるまでの所要時間平均である平均解析完了時間と、問題指摘の正確性を指標とする。正確性は、被験者が応答性能の低下が発生した箇所と回数をどれだけ正確に指摘したかを示すものであり、以下の式で求められる。

$$A = \frac{C}{C + F1 + F2} \dots\dots\dots(1)$$

A : 正確性

C : 問題箇所, 回数を正確に指摘された数

F1 : 問題箇所, 回数を誤って指摘された数

F2 : 問題箇所, 回数を指摘されなかった数

(1)式では、正確性は全ての応答性能低下箇所、回数を正確に指摘すると値が1になる。また、応答性能の低下を起こしていない箇所を指摘したり、応答性能の低下を起こした回数を誤って指摘したり、応答性能の低下を起こした箇所を指摘できなかった場合は、正確性はより小さく算出される。

[実験結果]

これらの指標によって実験結果を集計すると、図4のようになる。

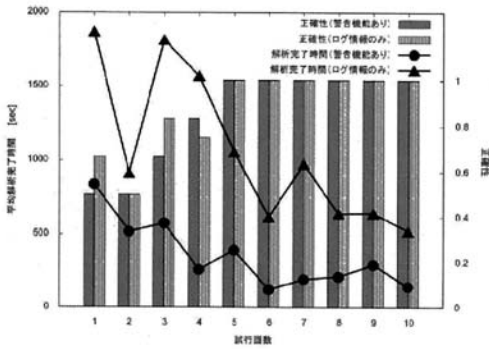


図 4 警告機能有効性検証実験結果

図 4 において警告機能ありの方の優位性は明らかであるが、優位性を総合的かつ定量的に示すため、更に予想解析完了時間という指標を導入する。予想解析完了時間とは、1 個の応答性能の低下箇所を、調査を開始してから“正確に発見”するまでに要すると予想される時間であり、以下の(2)式で定義される。

$$T = \frac{t}{NA} \dots\dots\dots(2)$$

- T: 予想解析完了時間
- t: 解析完了時間
- N: 応答性能の低下箇所数
- A: (1)式で求めた正確性

なお、平均予想解析完了時間は、被験者 2 人の間のばらつきを補正するため、予想解析完了時間の相加平均をとったものとしている。

平均予想解析完了時間を試行ごとに導出した結果を図 5 に示す。

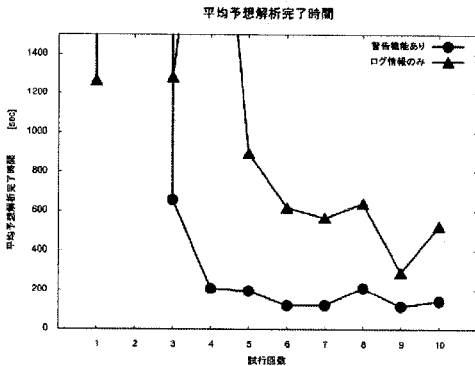


図 5 平均予想解析完了時間

グラフ上では、両者には 3 倍程度の差がある。両者に有意な差があることを示すため、下記の仮説に基づき測

定値が収束しているデータ(警告機能ありは 4 回目、ログ情報のみは 5 回目以降)を標本とし、Welch' s test により検定する。

[仮説]

帰無仮説: $\mu_1 = \mu_2$ (3)

対立仮説: $\mu_1 < \mu_2$ (4)

μ_1 : 警告機能ありの平均予想解析完了時間

μ_2 : ログ情報のみ平均予想解析完了時間

[検定結果]

t 検定量: -5.26

自由度 ν : 5.40

自由度 5 の t 分布 5%点- $t_{0.05}(5)$: -2.015

$t < -t_{0.05}(5)$ より、帰無仮説は左片側検定(有意水準 5%)で棄却される。

検定から明らかなように、警告機能ありの場合のほうがログ情報のみの場合より有意に正確かつ短時間で解析を完了させることができることが立証できる。

4.2. その他の評価

続けて、習熟速度などの点で評価する。警告機能ありの場合とログ情報のみの場合の習熟速度を比較検討するため、図 6 に直前の試行時の予想解析完了時間と各試行時の予想解析完了時間との差をとったものを示す。3 回目の試行までは正しく問題箇所を指摘できていないなどの理由により、警告機能ありの場合、ログ情報のみの場合とも有効なデータが得られていない。しかし、警告機能ありの場合は 4 回目以降の試行における差分がほとんどないのに対して、ログ情報のみの場合はこの時点ではまだ差分が大きいことから、警告機能ありの場合のほうが操作の習熟速度が大きいと言える。

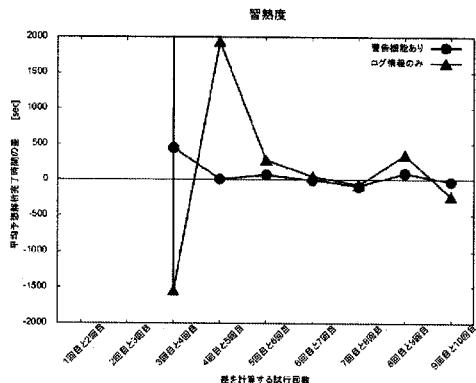


図 6 問題指摘作業の習熟度

5. 結果の検討

警告機能を利用することによる問題箇所発見能力の優

位性の要因を考察すると以下ようになる。

- (1) 限定された探索範囲。ログ情報のみ場合は、全てのログ情報を対象に問題発生箇所を個別に探さなければならないが、警告機能ありの場合は、問題発生箇所の候補となる箇所を重点的に抽出、検査することができる。
- (2) 限定された操作対象。ログ情報のみ場合は、各 Web サービス、WS-BPEL のログをそれぞれ個別に取得し、検査しなければならない。一方警告機能ありの場合は、分散業務プロセス監視システムの情報モデルに基づき、統合された環境で複数の Web サービス、WS-BPEL プロセスで発生した不具合を抽出することができる。
- (3) 監視に特化されたインタフェースの存在。警告機能ありの場合、分散業務プロセスとして整理されたシステムの挙動を対象とするため、証拠等の探索が容易となる。一方ログ情報のみ場合は、ログ情報を目視確認するか、何らかの別のツールで異常箇所を抽出、検査しなければならない。

特に、今回の実験では比較対象を同種の WS-BPEL エンジン、Web サービスコンテナからのログ情報の収集という方式としていたため、被験者は 1 種類の WS-BPEL エンジン、Web サービスコンテナのログで検証しているが、現実のシステムでは多様な WS-BPEL エンジン、Web サービスコンテナが存在しており、操作性が更に悪化すると考えられる。このため問題箇所の発見はより困難になることが予想される。

(3)に関しては、警告機能ありの場合、被験者はシステムの用意した機能をそのまま利用することができるが、ログ情報のみの場合、問題箇所の発見方法を自力で試行錯誤しながら体得する必要がある。これが、両者の習熟速度の差として現れていると考えられる。

今回の実験結果を被験者別に検討してみると、警告機能ありの場合、ログ情報のみの場合ともにばらつきはあるものの、ログ情報のみの場合のほうが大きなばらつきが生じる傾向にあった。また、別途行った警告機能のない分散業務プロセス監視システムを利用した実験でも同じ傾向が見られた。これも、被験者が自力で問題箇所の発見方法を体得しなければならないことによるものと推定され、警告機能の有効性を示唆する結果となっている。

6. おわりに

本稿では、分散業務プロセスを監視する手法に関して、その情報モデルと監視アーキテクチャを中心に解説するとともに、これらに基づき構築したプロトタイプを用い

て、実際に分散業務プロセスの問題箇所の発見に有効であることを立証した。これは、分散業務プロセスの可視化を推進する上では大きな意義があると考えている。今後の課題としては、WS-BPEL 以外の Web サービスによって連携されるプロセスの可視化など、本稿で対象としなかった領域への適用や、更なる操作性の改善などが挙げられる。

[謝辞]

本研究は、独立行政法人 情報通信研究機構からの委託研究開発「異なる運用ポリシーや異なるアーキテクチャのサービスが連携し、高付加価値サービスを提供するためのサービス連携基盤技術の研究開発」の成果の一部である。ここに記して謝意を表する。

[参考文献]

- [1] OASIS Web Services Business Process Execution Language Version (WS-BPEL)2.0, <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/18714/wsbpel-specification-draft-May17.htm>
- [2] F. Barbon, et al., "Run-Time Monitoring of Instances and Classes of Web Service Compositions", Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS' 06), 2006.
- [3] H. Roth, et al., "Probing and Monitoring of WSBPPEL Processes with Web Services", Proceedings of the IEEE Joint Conference on E-Commerce Technology(CEC' 06) & Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services (EEE' 06), 2006.
- [4] Z. Li, et al., "A Runtime Monitoring and Validation Framework for Web Service Interactions", Proceedings of the 2006 Australian Software Engineering Conference (ASWEC' 06), 2006.
- [5] L. Baresi, et al., "Smart Monitors for Composed Services", Proceedings of the 2nd international conference on Service oriented computing, 2004.
- [6] 加藤光幾, 金井剛, 神南吉宏, 島村栄, 山本拓磨, 菊地伸治: "クロスサイトプロセスのモニタリングビューを提供するメタモデルと識別子情報に関する検討", 情報処理学会研究報告, 2006-EIP-34, Vol2006, No.128, pp. 37-44(2006).