JAEA-Technology
2019-004
DOI:10.11484/jaea-technology-2019-004

財務・契約系情報システム Ver.4 の開発に関する技術報告

Technical Report on the Development of Finance and Contract Information System Ver.4

木村 英雄　日笠 直樹　久下沼 裕司　土井 寿治
菊池 善貴

Hideo KIMURA, Naoki HIKASA, Yuji KUGENUMA, Toshiharu DOI and Yoshitaka KIKUCHI

システム計算科学センター

Center for Computational Science & e-Systems

May 2019

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（https://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2019

JAEA-Technology 2019-004

財務・契約系情報システム Ver.4 の開発に関する技術報告

日本原子力研究開発機構
システム計算科学センター

木村　英雄、日笠　直樹*1、久下沼　裕司*2、土井　寿治*3、菊池　善貴*1

（2019 年 3 月 28 日　受理）

日本原子力研究開発機構では、財務・契約系基幹業務の効果的かつ効率的な遂行のため、「財務・契約系情報システム」の開発及び運用を行ってきた。現行システムのサポート期限終了を契機に、次期システムの開発が必要となっていたため、平成 30 年度に次期システムの開発を実施した。開発にあたって、これまでシステム計算科学センターで考案してきた分離調達を基調とした分散型システム構築手法を発展的に応用することで、電子決裁機能の追加や最新のパッケージソフトの採用など大幅に機能強化を行いつつも、極めて低コストでの調達を実現した。

原子力科学研究所：〒319-1195　茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4
＊1 JPC 株式会社
＊2 株式会社ユードム
＊3 株式会社 日立産業制御ソリューションズ

JAEA-Technology 2019-004

Technical Report on the Development of Finance and Contract Information System Ver.4

Hideo KIMURA, Naoki HIKASA*1, Yuji KUGENUMA*2, Toshiharu DOI*3
and Yoshitaka KIKUCHI*1

Center for Computational Science & e-Systems,
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 28, 2019)

Japan Atomic Energy Agency has developed the "Financial and contract information system" for effective and efficient accomplishment of the mission-critical tasks. Because the development of the next system was necessary with the end in the support time limit of the current system, we carried out the development of the next system in 2018. While the addition of the electronic approval function or the adoption of the latest package software largely performed a functional enhancement until now by applying distributed systems construction technique based on the separation procurement that we devised progressively, in development, we extremely realized procurement with the low cost.

Keywords: Information System, Distributed System, ERP

＊1 Japan Prime Computing Co.
＊2 UDOM Co., Ltd.
＊3 Hitachi Industry & Control Solutions, Ltd.

目　次

1.　序論 ---------- 1
1.1 システム開発の経緯 ---------- 1
1.2 次期システム開発の基本方針 ---------- 2
2.　現行システムの概要 ---------- 3
2.1 システム全体構成 ---------- 3
2.2 各サブシステムの詳細 ---------- 4
2.3 ハードウェア構成 ---------- 8
2.4 システム利用状況 ---------- 9
2.5 まとめ ---------- 10
3.　次期システムの開発 ---------- 11
3.1 プロジェクトの立ち上げ及び要件定義 ---------- 11
3.2 システム全体設計 ---------- 13
3.3 調達方式 ---------- 18
3.4 ハードウェア及びミドルウェア ---------- 21
3.5 まとめ ---------- 23
4.　結論 ---------- 24
謝辞 ---------- 25
参考文献 ---------- 25

Contents

1. Introduction ---------- 1
1.1 History of systems development ---------- 1
1.2 The basic policy of the next system development ---------- 2
2. Overview of the current system ---------- 3
2.1 Entire system configuration ---------- 3
2.2 Details of each sub-system ---------- 4
2.3 Hardware configuration ---------- 8
2.4 System usage situation ---------- 9
2.5 Conclusion ---------- 10
3. Development of next-generation system ---------- 11
3.1 Project building and requirements definition ---------- 11
3.2 Entire system design ---------- 13
3.3 Procurement method ---------- 18
3.4 Hardware and software ---------- 21
3.5 Conclusion ---------- 23
4. Concluding remarks ---------- 24
Acknowledgements ---------- 25
References ---------- 25

1. 序論

1.1　システム開発の経緯

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「機構」と略す）では、財務・契約系基幹業務の効果的かつ効率的な遂行のため、「財務・契約系情報システム」の開発及び運用を行ってきた。初代システムは平成 17 年 10 月の機構創立（旧日本原子力研究所と旧核燃料サイクル機構の整理統合）に合わせて開発され、その後 2 回のシステムリプレースを経て現在は財務・契約系情報システム Ver.3 として運用を行っている。今般、財務・契約系情報システム Ver.3 のサポート期限終了を契機に、次期システムとして「財務・契約系情報システム Ver.4」の開発を実施したところである。

システムリプレースに際しては、その時々の情勢に合わせて目標を定め、業務及びシステムの両面から要求仕様を検討してきた。Ver.1 から Ver.3 までの目標は以下の通りである。

①財務・契約系情報システム Ver.1（平成 17 年 10 月運用開始）

・独立行政法人会計基準への対応

従来の特殊法人時代に実施してきた予算執行管理から、独立行政法人会計基準で定められた複式簿記による財務決算を可能とするシステムとして再整備する。

・旧 2 法人業務の統合

旧 2 法人で各々の業務手順で実施していた会計業務及び契約業務を新たな組織体制・事業内容に合わせて統合する。

・現場業務のオンライン化及びシステム全体のオープン化

研究開発現場の請求業務及び予算執行状況照会をオンライン化することで、現場での起票から主管課での業務処理まで一括でシステム処理可能とする。合わせて、システム全体をメインフレームからオープンアーキテクチャに変更する。

②財務・契約系情報システム Ver.2（平成 23 年 4 月運用開始）

・業務・システム最適化計画の策定

国が定めた業務・システム最適化指針 [1)]に則り、業務・システムの両面から将来体系を明らかにし、全体最適化を行う。

・システムライフサイクルコストの削減

Ver.1 では機構独自業務への対応によりパッケージのカスタマイズやアドオン機能の過大な開発を実施したため、システムの開発及び運用保守コストが非常に大きくなっていた。肥大化したシステムを業務・システムの両面から改善し、システムライフサイクルコストを大きく低減させる。

・業務処理手順の効率化・合理化

データ入力体制の一本化や書類回付の合理化等により、パッケージソフト標準機能の活用促

進を行うことで業務の更なる効率化、合理化を行う。また、外部情勢の変化等による業務環境に合理的に即応でき得るシステムの構築を目指す。

③財務・契約系情報システム Ver.3（平成 27 年 4 月運用開始：現行システム）
・システムライフサイクルコストの継続的な削減
Ver.2 においては、システムライフサイクルコストの削減のため、システム構成の抜本的見直しを目的に、大規模な改修作業を実施した。Ver.3 の更新においては、ハードウェア・ミドルウェアの更新及びそれに伴う必要最低限の独自開発アプリケーション改修に絞ることで、システム投資コストの最小限化を図る。

1.2　次期システム開発の基本方針

Ver.1～3 の開発と同様に、次期システム（Ver.4）開発プロジェクトの目標及び求められる要件を、業務改革推進委員会（委員長：総務担当理事）の下に財務・契約系業務担当者及びシステム担当者から構成されるワーキンググループを設置して議論した。その結果策定されたシステムの見直し方針を下記に記す。

・請求系業務に対する電子決裁機能の追加
Ver.3 まで伝票の入力及び出力はシステム上で実施可能であったが、決裁者や合議者による承認処理は紙媒体に印刷した伝票への押印で処理してきた。内部統制強化、決裁処理の迅速化・効率化及び紙の削減を目的として、電子決裁機能を追加する。
・新規業務機能による財務及び契約業務の効率化
独立行政法人会計基準の改訂等に基づく新規業務の増加により、財務・契約部門の業務負荷が増加している状況であるため、当該業務を効率的に実施可能な新規機能の追加を行う。

昨今重要施策として推進されている働き方改革や国の厳しい予算情勢を受け、業務効率化の強力な手段として情報システムに対しての期待は高まるばかりである。一方で、機構の情報部門に投資される予算や人員は年々漸減している状況である。さらに、昨今ではセキュリティの確保がわが国全体で喫緊の課題となっており、情報部門の中でも基幹系業務システムへ投入されるリソースは厳しさを増している。
このようなシステムコスト削減とシステム機能拡張という二律背反した要求を同時に満たすため、システム計算科学センターでは分離調達を基調とした分散型システム構築手法を考案し、実施してきた [2) 3)]。本稿は、本手法の次期システム開発への適用結果について報告するものである。

2. 現行システムの概要

次期システム開発の内容について述べる前に、本章では財務・契約系情報システムの概要を説明するため、現行の財務・契約系情報システムのシステム構成及び運用状況について解説を行う。

2.1　システム全体構成

現行システムの全体構成を図 2-1 に示す。

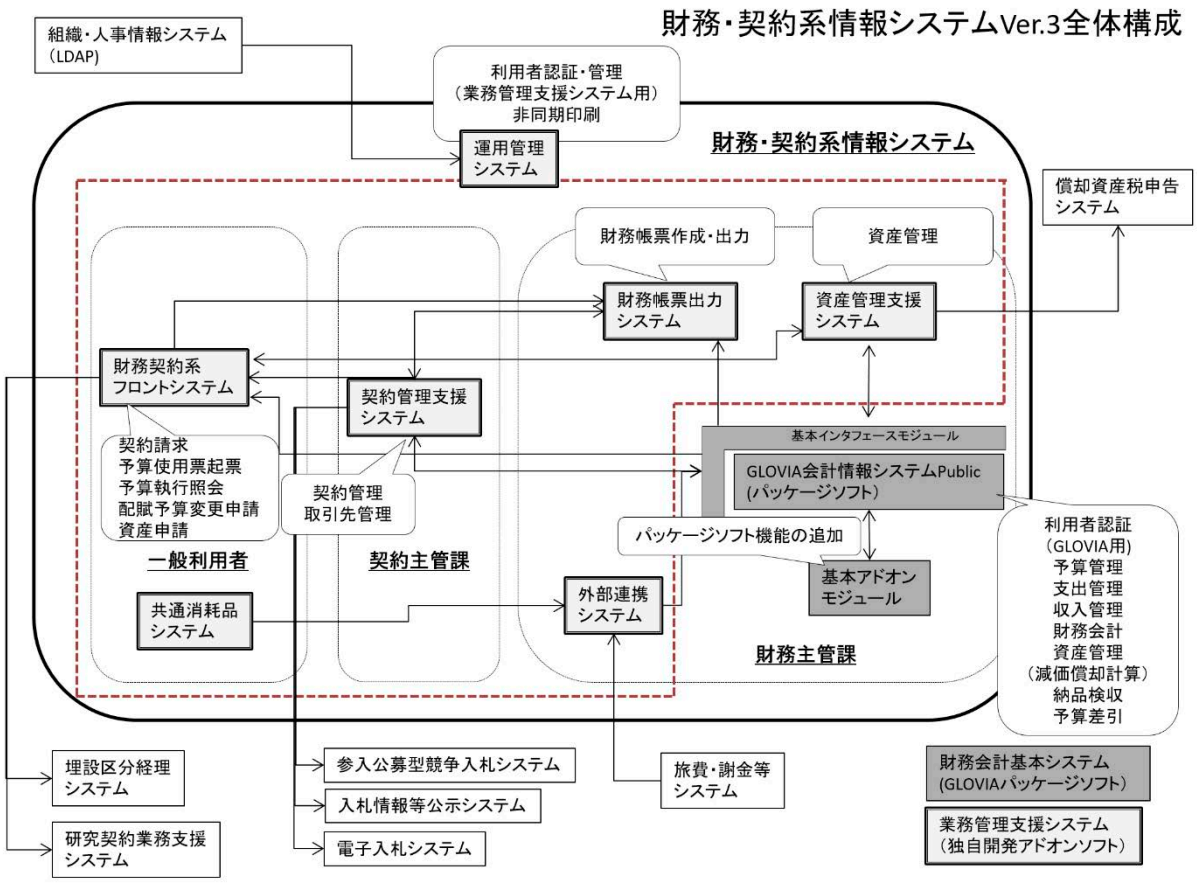

図 2-1　現行財務・契約系情報システム　全体構成

財務・契約系情報システムは、大別すると以下の 2 システムから構成される。
①財務会計基本システム（GLOVIA 会計情報システム Public）
②業務管理支援システム（機構独自開発）

さらに、業務管理支援システムは以下の 7 種のサブシステムに分別される。
①財務契約系フロントシステム

②契約管理支援システム
③資産管理支援システム
④財務帳票出力システム
⑤共通消耗品システム
⑥外部連携システム
⑦運用管理システム

仕訳入力、予算差引、検収、出納、減価償却といった財務会計コア業務処理に関しては市販の独立行政法人・国立研究開発法人向けパッケージソフトが数種存在している。パッケージソフトは独自開発ソフトと比較して極めて安価に導入可能であるため、パッケージソフトが存在している業務領域においてはその導入を第一に検討すべきである。一方で、入札管理や契約締結事務、原課の請求起案処理といった各法人内の個別業務（発生源）処理に関しては組織毎にシステム化範囲や業務体系が様々であり、汎用化が困難なためパッケージソフトが存在していない。このため、機構では財務会計コア業務処理を担う「財務会計基本システム」（パッケージソフト）とその他個別財務・契約系業務処理を担う「業務管理支援システム」（独自開発ソフト）のハイブリッド型システムとして構築している。

さらに、財務・契約系情報システムは以下の 8 種の機構内の別業務システムとイントラネットワークを介して接続され、予算執行状況・資産管理データの送信や組織情報・人事情報の受信を行っている。
①組織・人事情報システム
②償却資産税申告システム
③埋設区分経理システム
④研究契約業務支援システム
⑤参入公募型競争入札システム
⑥入札情報等公示システム
⑦電子入札システム
⑧旅費・謝金等システム

2.2　各サブシステムの詳細

続いて各サブシステムの詳細について述べる。
財務会計基本システムは財務会計コア業務を担うパッケージソフトであり、機構の財務主管部門のみが利用する。ユーザインタフェースとしては WEB 方式とクライアントサーバ方式の両方が利用されており、パッケージソフトであるため内部仕様は公開されていない。
財務会計基本システムの機能及び機能数を表 2-1 に示す。なお、機能数は機構で利用している数であり、パッケージが備える全数ではない点に注意頂きたい。

表 2-1　財務会計基本システムの主な機能及び機能数

機能区分	主な機能	機能数
予算管理	予算科目金額登録 部門配当金額登録	44
財務会計	振替伝票 科目残高出力 総勘定元帳	45
資産管理	資産情報出力 固定資産台帳出力	21
支出管理	支出契約決議 受入検収 即支出決定決議 FB データ作成 出金消込	40
収入管理	収入契約決議 履行 即履行 入金実績・消込	31
マスタ管理	予算科目マスタ 勘定科目マスタ 銀行マスタ	59
合計		241

財務会計基本システムと業務管理支援システムとは基本インタフェースと呼ばれるデータ送受信及び変換を担うモジュールを介して接続されている。パッケージソフトと独自開発ソフトを直接接続すると、独自開発ソフトがパッケージ仕様に依存した仕様となってしまうため、本モジュールで抽象化したデータ構造に一度変換して接続している。基本インタフェースモジュールの実装としては XML メッセージで通信する REST API を用いたものと、DBMS 上の VIEW 形式の 2 通りがある。

次に、機構独自開発ソフトである業務管理支援システムに関して解説する。業務管理支援システムの一覧を表 2-2 に示す。

表 2-2　業務管理支援システムの主な機能及び機能数

システム名	利用部門	主な業務機能	機能数	ソースコードステップ数	開発言語
財務契約系フロントシステム	一般原課	契約請求 予算使用票起案 配賦予算変更起案 予算執行照会 資産変動申請 単価発注手続	29	262,000	Java PL/SQL
契約管理支援システム	契約部門	契約手続 履行管理 取引先管理	22	308,000	Java SQL
資産管理支援システム	財務部門	資産情報登録 資産変動 除却・移動管理 資産帳票出力	44	288,000	Java SQL COBOL
財務帳票出力システム	財務部門	収入支出帳票 資金出納帳票 財務決算帳票	38	300,000	Java PL/SQL COBOL
共通消耗品システム	一般原課 財務部門	発注依頼 納入指示 集計表印刷 FAX 送信	38	289,000	Java PL/SQL PHP Visual C++
外部連携システム	財務部門	共通消耗品連携 旅費・謝金・給与連携	9	21,000	Java PL/SQL
運用管理システム	全体	利用者認証 非同期印刷	3	43,000	Java PL/SQL
合計			183	1,511,000	

業務管理支援システムは、全て Java をベースとした WEB アプリケーションとして開発されており、全体では 150 万ステップ規模の巨大システムとなっている。Ver.2 の開発時にシステムのスリム化を図り、80 万ステップ程度まで縮小したものの、その後の制度変更及び業務増に伴う業務機能追加によりシステム規模が大きくなっている。システム規模は大きくなったが、システムのパフォーマンスをモニタリングソフトを通じて逐次監視し、問題が発生しそうな箇所に関しては事前に適宜チューニングを実施することで、業務に支障のない動作速度を維持している。

1 つのシステムとして構成するには巨大すぎるため、利用部門や業務内容を基に機能を適切

に分類し、全体で 7 つのサブシステムとして構築している。

次に、財務会計基本システム及び業務管理支援システムのソフト構成を図 2-2 に示す。

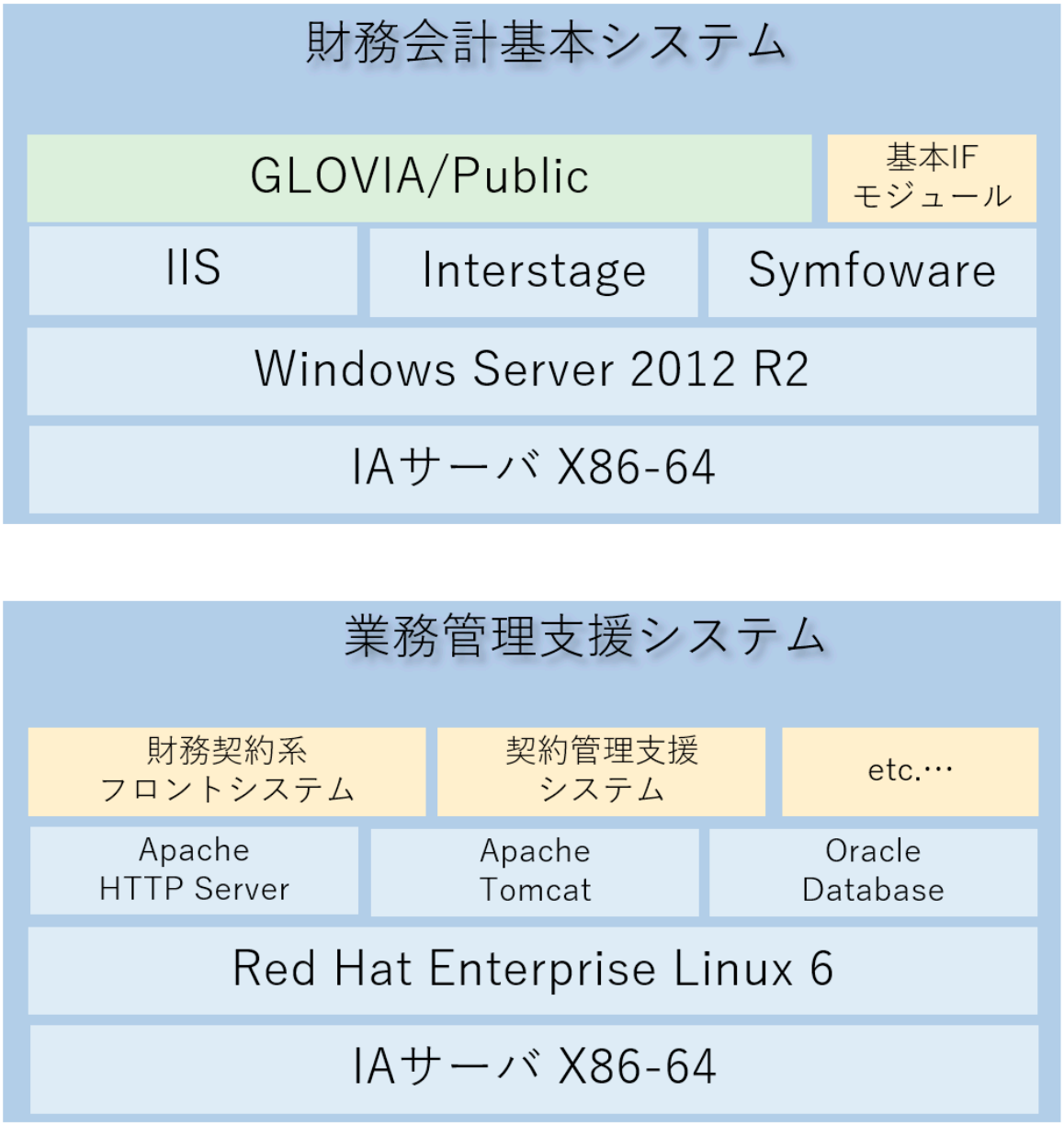

図 2-2　財務会計基本システム及び業務管理支援システムのソフト構成

財務会計基本システムはパッケージソフトの指定するハード・ミドルウェア構成となっている。一方、独自開発の業務管理支援システムは OS には Red Hat 社の Red Hat Enterprise Linux、ミドルウェアには Apache Software Foundation の Apache HTTP Server 及び Apache Tomcat、DBMS は Oracle 社の Oracle Database を採用している。オープンソースソフトを軸にデファクトスタンダードのハードウェア・ミドルウェアを採用することで、低コストでの購入と安定した環境を両立している。

2.3　ハードウェア構成

ハードウェアのスペックを表 2-3 に示す。

表 2-3　財務契約系情報システムハードウェアスペック

サーバ種別	サーバ名	CPU	メモリ	ストレージ
運用機	財務会計基本システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E5-2667v3（3.2GHz 8 コア）×2	48GB	HDD: 3TB×2 SSD: 800GB×2（RAID1）
	業務管理支援システム用 WEB/AP サーバ	Xeon E5-2667v2（3.3GHz 8 コア）	48GB	HDD: 4TB×2（RAID1）
	業務管理支援システム用 DB サーバ	Xeon E5-2667v2（3.3GHz 8 コア）	48GB	HDD; 3TB×2 SSD; 800GB×2（RAID1）
検証機	財務会計基本システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E3-1230v2（3.3GHz 4 コア）	16GB	HDD: 3TB×2（RAID1）
	業務管理支援システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E3-1230v2（3.3GHz 4 コア）	16GB	HDD: 3TB×2（RAID1）

一般的に業務システムにおいては SQL のデータベースアクセスがシステム全体のボトルネックとなりやすい。SQL の動作速度を上げるためには、DBMS のブロックバッファを大きめにメモリ上に展開し、ディスク IO を減らすことが有効である。そこで、物理メモリサイズに十分な尤度を持たせている。また、DB サーバには SSD を導入することで、ディスク IO も高速化している。

運用機の他、スペックを落とした検証機を備えることで、プログラムの開発や試験を運用と並行して実施可能としている。

2.4　システム利用状況

システムの利用状況として、利用頻度別のユーザ数を表 2-4 に示す。

表 2-4　利用頻度別ユーザ数

区分	人数（人）	ユーザ総数に対する割合（%）
ユーザ総数	5,431	-
年間 1 回以上ログインしたユーザ数	3,371	62.07
月平均 1 回以上ログインしたユーザ数	2,287	42.11
週平均 1 回以上ログインしたユーザ数	994	18.30
日平均 1 回以上ログインしたユーザ数	170	3.13

機構の職員等約 5,400 人に対してユーザ ID が発行されているが、その内アクティブユーザ（年間で最低 1 回ログインしたユーザ）は約 6 割となっている。一方、日常的に本システムを利用しているユーザが 200 名弱という状況である。

次に、業務管理支援システムのサブシステム毎の機能の年間利用回数を表 2-5 に示す。

表 2-5　業務管理支援システムのサブシステム毎機能利用回数（年間）

サブシステム名	機能利用回数（回）
財務契約系フロントシステム	767,439
契約管理支援システム	481,805
資産管理支援システム	28,316
財務帳票出力システム	65,760
外部連携システム	30,108
共通消耗品システム	30,174
合計	1,403,602

一般原課が利用する財務契約系フロントシステムの利用回数が最も多く、システム全体としては約 140 万回／年（5.5 千回／日）となっている。

2.5 まとめ

本章では現行システムである財務契約系情報システム Ver.3 の概要を説明した。財務・契約系情報システムは独自開発分が 150 万ステップ程度、アクティブユーザ数が 3.3 千名程度、1 日当たり 5.5 千回程度の機能が利用されている巨大システムであることがわかる。機構内基幹業務において最大の情報システムであり、通常の方法で開発を実施すると巨額の費用と多大な時間がかかる。一方で、機構の基幹業務を担うためシステムの更新を迅速に行う必要があり、かつ情勢の変化に合わせて柔軟に機能の追加変更を行う必要もある。これら様々な要求に同時に対応するためには、技術的内容のみならず、プロジェクト管理手法や調達方法など、システム開発に関係する様々な要素を適切に統合した開発手法が必要となる。

3. 次期システムの開発

本章では、分離調達を基調とした分散型システム構築手法にて行った次期財務・契約系情報システム開発について解説する。システムの技術的な構成のみならず、プロジェクト体制や調達単位の構成など、複数の要素を合わせて解説する。

3.1　プロジェクトの立ち上げ及び要件定義

システム開発プロジェクトにおいては、最初にプロジェクト検討体制を構築し、業務部門からシステムに求められる要求を引き出し、システム化すべき機能を整理する。

本プロジェクトの検討体制を図 3-1 に示す。

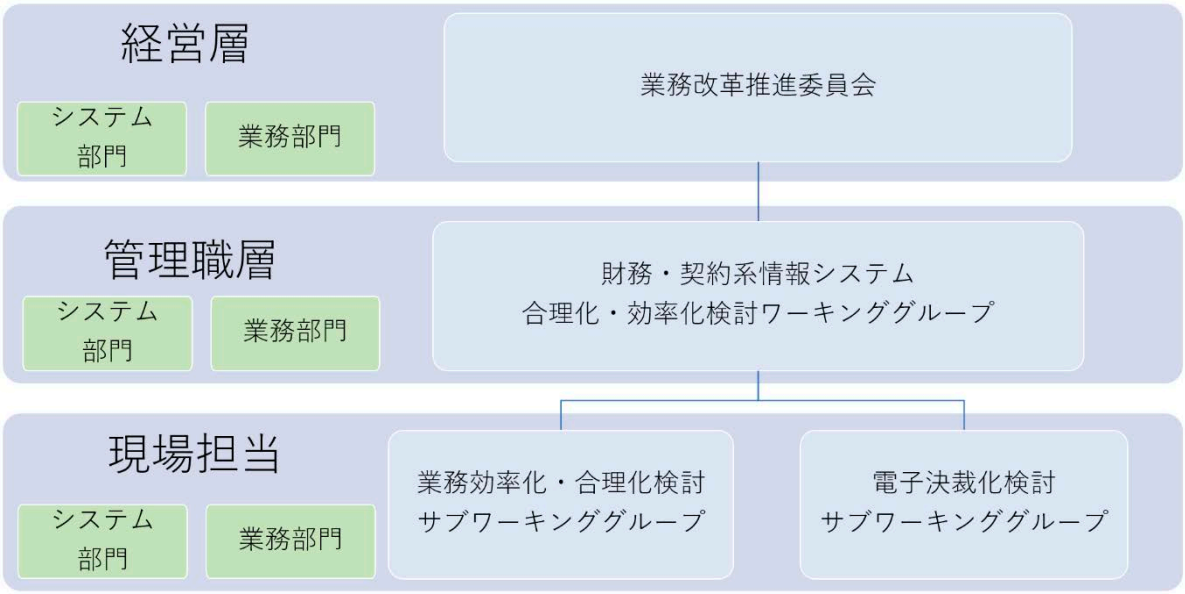

図 3-1　次期財務・契約系情報システム検討体制

経営層（理事や各部門の部長）で構成される業務改革推進委員会の配下に、管理職層（課長や副主幹）から構成される財務・契約系情報システム合理化・効率化検討ワーキンググループを設置し、さらにその下に現場担当（主査）から構成される業務効率化・合理化検討サブワーキンググループ及び電子決裁化検討サブワーキンググループを設置した。

小規模の法人では組織内に情報システム専任部門が存在しないケースも多いが、業務部門のみで要件定義を実施すると、現行業務への適合性を重視しすぎるあまり、システム仕様の特殊化及び肥大化が起こるリスクが生じる。本プロジェクトでは、プロジェクトの立ち上げの段階より、経営層から現場担当者に至るまで各階層でシステム担当と業務担当の双方が参画している点に特徴がある。これにより、プロジェクトの立ち上げ当初から業務・システムの両面を費用対効果の観点で同時に検討し、システムコスト増の一番の要因であるパッケージソフトのカ

スタマイズの排除や独自機能の乱開発抑制を実現している。

本体制での要件定義検討の結果、以下の 3 項目を核とする「財務・契約系業務・システムの見直し方針」を策定した。各項目の概要を以下に示す。

①請求系業務の電子決裁機能の追加

契約請求票等の原課が起票する請求系業務の伝票類に関して、従来は紙媒体の伝票により業務処理を実施しており、決裁・合議回付に業務負荷及び時間を要している状況であった。

これらの伝票類は年間数万件規模で発生していることから、紙媒体での現行処理から電子決裁へと変更することで、紙出力等作業時間の削減（8,500 時間／年）、書類回付時間の短縮（現 3 日を 0 日）、ペーパーレス化による紙の削減（500,000 枚／年）も可能となる。

②財務及び契約業務効率化のための機能追加

財務業務に関して、セグメント別（収益化単位）のより精緻な財務・予算執行管理が求められていることに加え、固定資産の除却手続き等により業務量が増加している状況であった。そこで、システム化での対応として、セグメント別の予算執行に関わる帳票類の出力機能強化による手作業集計負荷の低減、固定資産の除却等の会計伝票発行自動化等を実施する。

契約業務に関して、さらなる競争性の確保等を求められており、契約手続き業務処理における契約情報の入力機能強化（業務請負契約、労働者派遣契約における人数の追加等）、各種契約手続における書類のシステム化（入札説明書、質問・回答書作成依頼書等）及び会計検査院へ提出する証拠書類の出力機能強化（自動出力）を実施する。

③新パッケージソフトの選定

機構においては、財務会計コア処理を担うために、Ver.1 から Ver.3 まで財務会計基本システムとして富士通株式会社の「GLOVIA/Public」を採用してきた。しかし、当ソフトは誕生から 15 年を経過し、令和 2 年度初頭には製品寿命が終了する。そのため、後継となるパッケージソフトの選定を行う必要が生じていた。

そこで、国立研究開発法人・独立行政法人向け財務会計パッケージソフトとして、市販の 4 パッケージソフトについて、以下の 6 項目から比較検討を行った。

① 機構業務とパッケージ機能との適合性
② 機構独自システム（業務管理支援システム）との接続性
③ 現行システムからのデータ移行性
④ ユーザインタフェース
⑤ 導入費用
⑥ 他機関での導入事例

上記の項目で総合的に検討を行った結果、最も評価の高かった富士通株式会社の「IPKNOWLEDGE 独立行政法人・国公立大学法人向けソリューション」を次期財務会計基本システムとして採用することとした。

3.2　システム全体設計

3.1 で実施した要件定義結果に基づき、次期財務・契約系情報システム全体設計を実施した。次期システムの全体構成図を図 3-2 に示す。

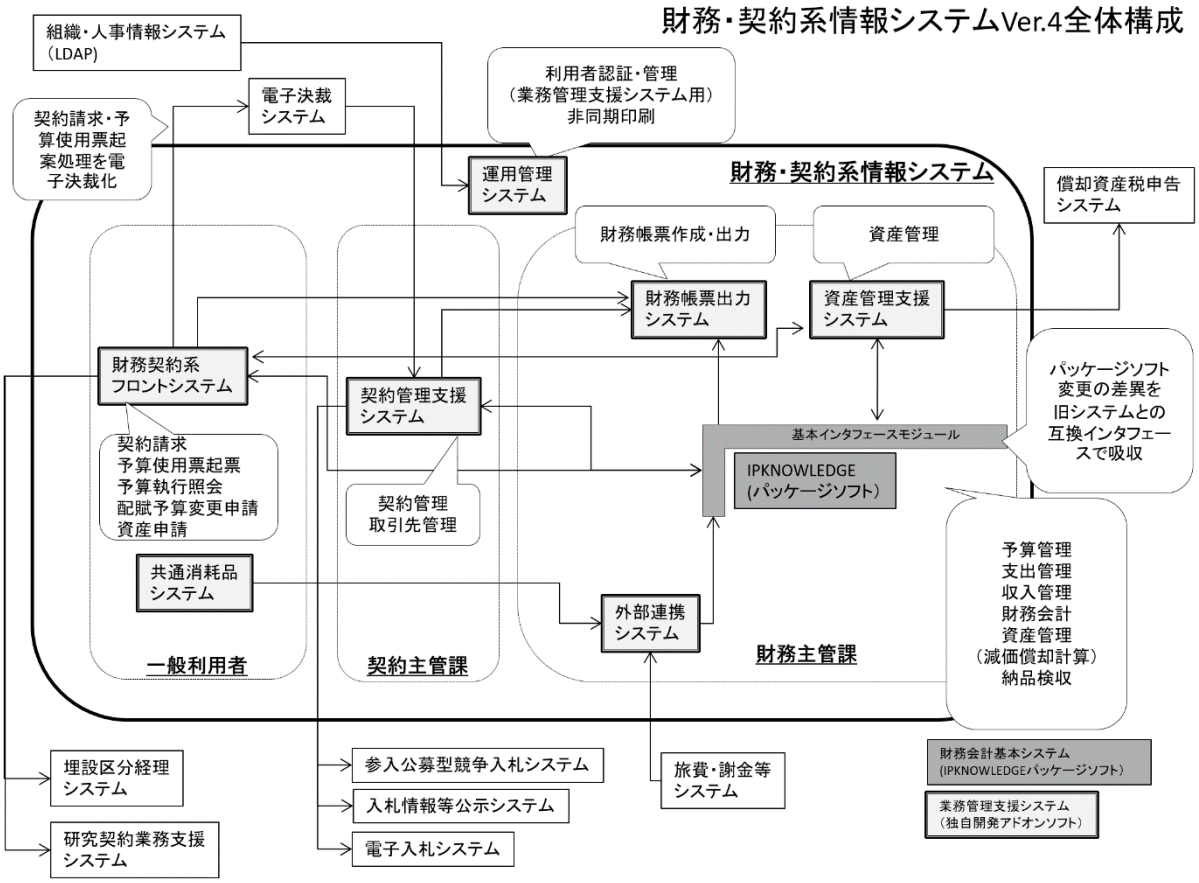

図 3-2　次期財務・契約系情報システム全体構成

改修量を最小限化するため、可能な限り現行システムの構成を生かし、追加や修正が必要な部分のみ更新する方針とした。現行システムからの主な相違点としては、電子決裁機能の追加と財務会計基本システムのパッケージ変更の 2 点である。各々に関して下記で詳述する。

①電子決裁機能の追加

一般に、電子決裁システムの実装方法としては①組み込み型と②疎結合型の 2 種類がある。それぞれ、概要図を図 3-3 及び図 3-4 に示す。

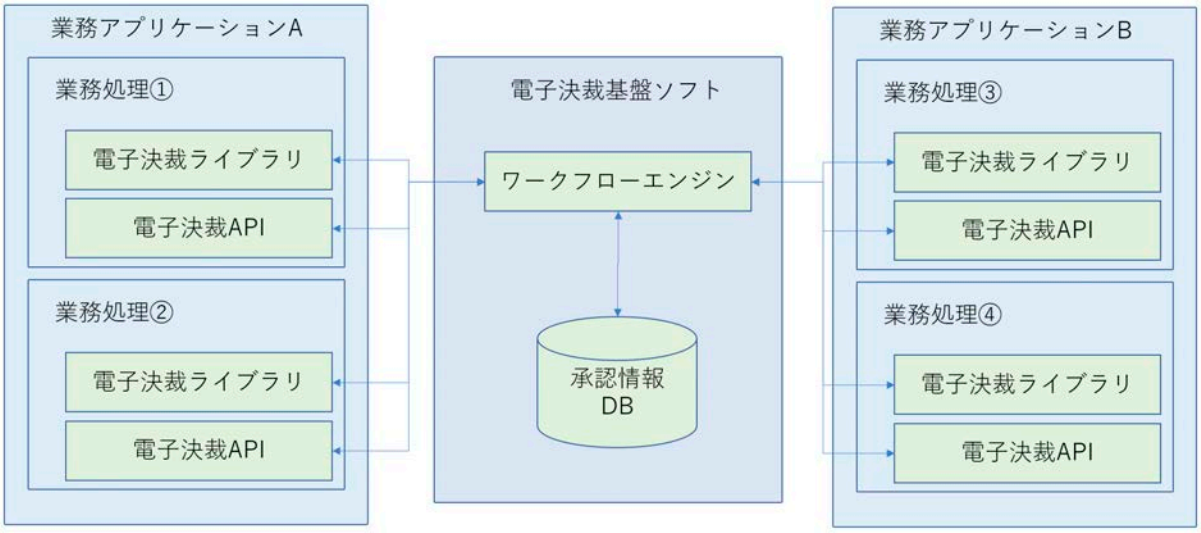

図 3-3　組み込み型電子決裁システム概要図

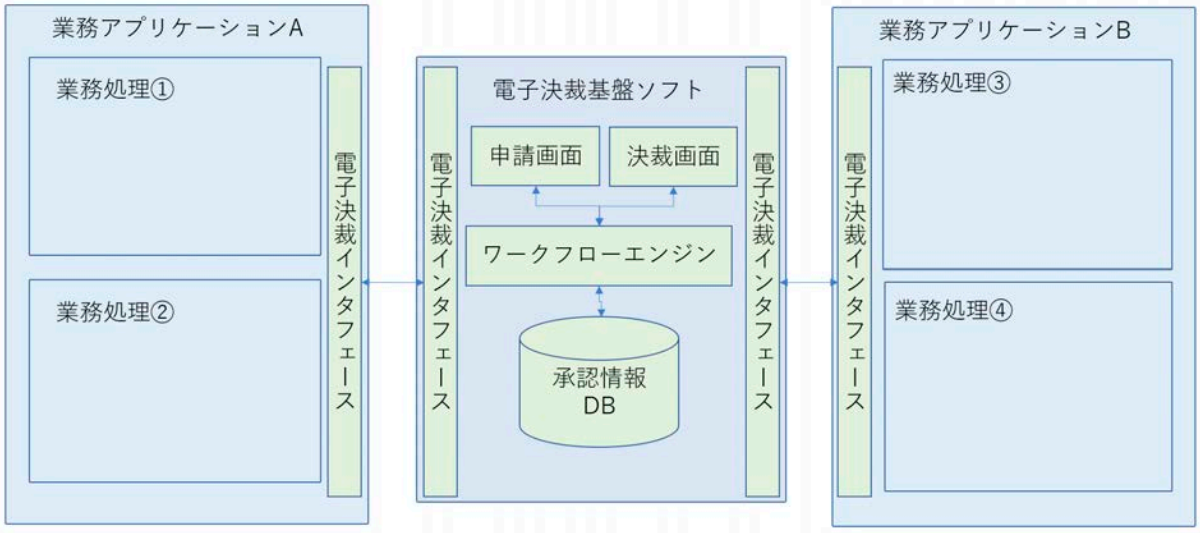

図 3-4　疎結合型電子決裁システム概要図

組み込み型は、対象の業務アプリケーションのプログラム内からライブラリや API を呼び出してワークフローエンジンを利用する方式である。業務アプリケーション内に電子決裁機能を組み込むため、業務処理毎にそれぞれ独自の機能を実装可能である。一方、電子決裁の対象業務を追加する場合にはプログラム毎に実装する必要があるため、多大な追加コストがかかる。

疎結合型は対象の業務システムとはネットワークを介して接続する別システムとする形態である。申請や決裁画面は電子決裁基盤ソフト内に構築するため、全業務で同じ画面しか利用できない。一方で、対象業務の追加時は既存のインタフェースを利用するため、比較的低コストで実施できる。

基幹系業務に対する電子決裁は機構内では初の試みであるため、本プロジェクトでは電子決裁の対象を契約請求と予算使用票の 2 業務に絞っている。しかし、財務・契約系情報システム

内には他の決裁を必要とする業務機能が多数存在しており、本プロジェクトの電子決裁が軌道に乗れば対象業務を追加する可能性が非常に高い。このため、拡張性を重視して②の疎結合型を採用することとした。

次に、今回開発した電子決裁システムの詳細を図 3-5 に、申請画面を図 3-6 に、業務フロー定義画面を図 3-7 に示す。

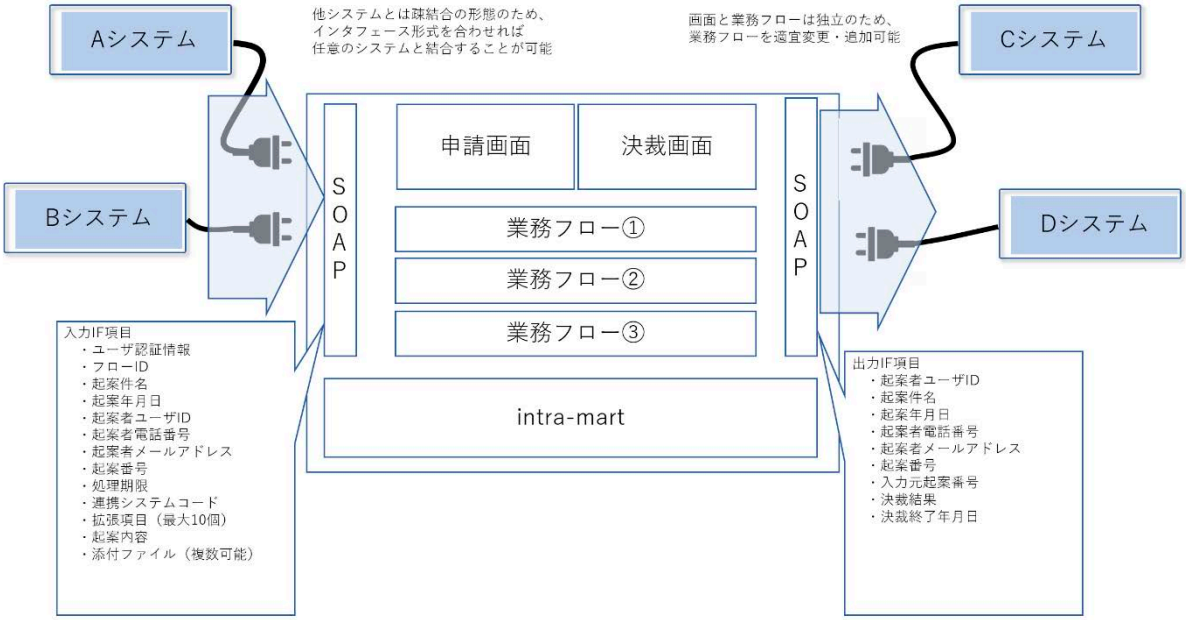

図 3-5　電子決裁システム詳細図

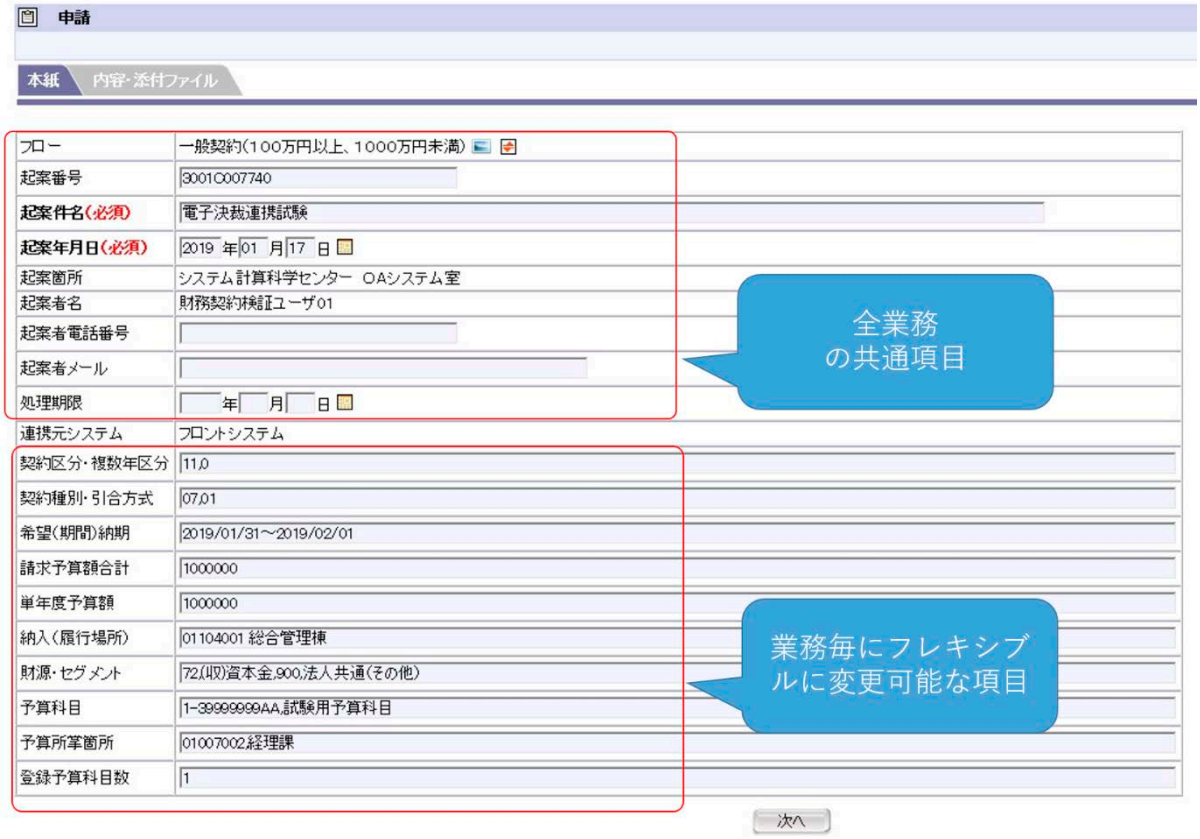

図 3-6　申請画面

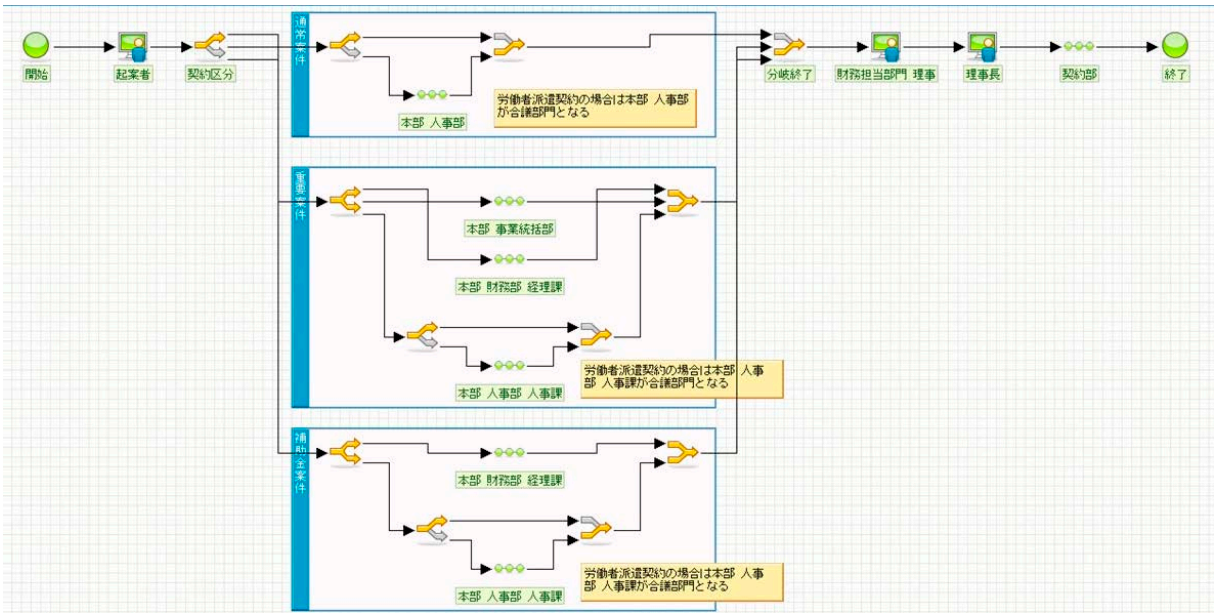

図 3-7　業務フロー定義画面

電子決裁基盤ソフトとしては機構内で既に利用実績の存在する株式会社NTTデータ イントラマート社の「intra-mart」を採用し、その上に財務契約系業務用の申請画面及び決裁画面を開発した。業務フローに関しては申請・決裁画面とは独立に制御可能であるため、実運用に入

った後にシステム管理者による変更や追加が可能である。財務・契約系情報システムとの連携には SOAP インタフェースを利用し、接続元・先のシステムは任意に追加可能であるため、財務・契約系情報システムのみならず、他の業務システムから決裁依頼データを取り込むことも可能である。申請画面は全業務で共通的に利用しなければならないため、入出力 IF 項目に関しては汎用的な項目に限定し、業務毎の独自情報は 10 個の自由項目と添付ファイルに集約して連携させる。疎結合方式のため、決裁ルート上の決裁者・合議者は基本的に申請情報の参照及び承認・破棄・差戻のみが可能で、申請情報に追加情報を加えることは不可能であるが、コメントの入力や添付ファイルの追加は可能である。本方式は柔軟性が高い反面、承認を得つつ業務情報を途中の担当者が逐次追加更新していく業務には適用できない点に注意が必要である。

②財務会計パッケージソフトの変更

システムの核となるパッケージソフトを変更する場合は、全体をゼロから再開発（フルリプレース）するケースが一般的である。この場合、初期開発と同等の開発費用と期間を要してしまう。しかしながら、機構では財務・契約系情報システム Ver.2 の開発時に将来の財務会計基本システムの提供終了に備えて、基本インタフェースモジュールを介したデータ通信方式を採用していた。通常の手法によるパッケージソフトと独自開発ソフトの接続概念図を図 3-8 に、本方式による接続概念図を図 3-9 に示す。

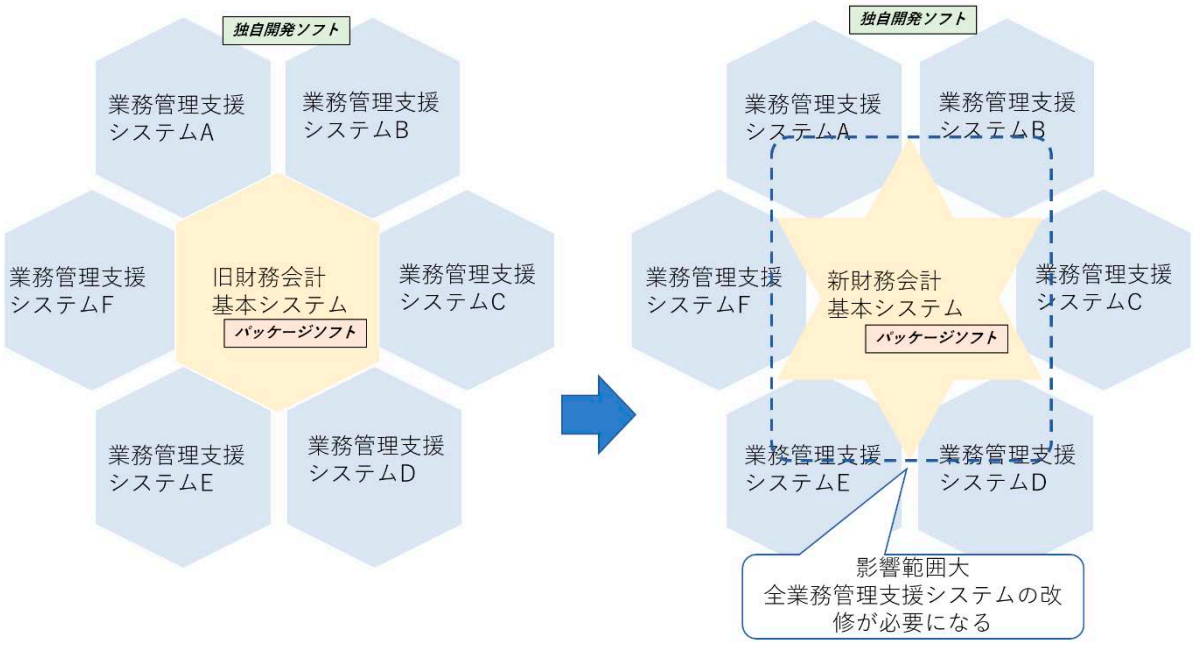

図 3-8　通常の手法によるパッケージソフトと独自開発ソフトの接続概念図

通常は、パッケージソフトが備える入出力インタフェースを利用して独自開発ソフトと接続を行う。この場合、独自開発ソフトは当該パッケージの入出力インタフェースの形式に依存した構成となるため、別のパッケージソフトに変更する際にはそのままでは接続することができ

ず、大部分を改修する必要が生じる。

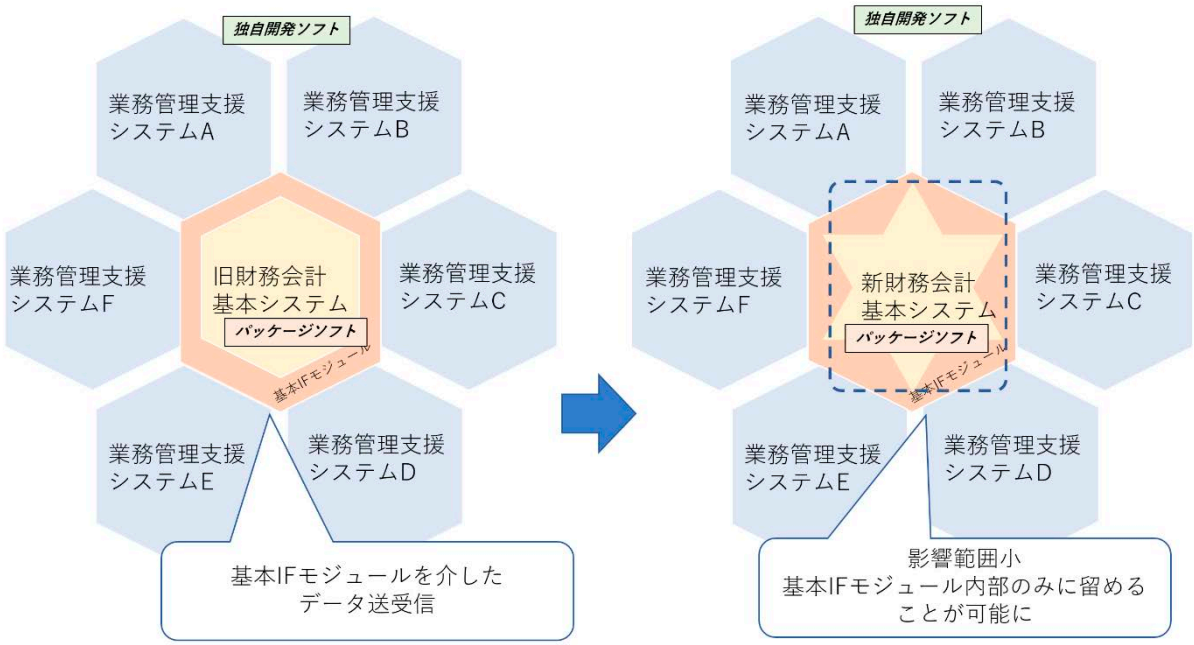

図 3-9　基本インタフェースを用いたパッケージソフトと独自開発ソフトの接続概念図

本方式では、上記のようにパッケージソフトをラッパーである基本インタフェースモジュールで囲うことで、影響範囲を基本インタフェースモジュール内部のみに留めることが可能となる。基本インタフェースによってパッケージソフトの差異が吸収されているため、外部の各業務管理支援システムの改修規模を極めて局所かつ明確にすることができる。本構成により、次期システムは業務管理システム全体で 150 万ステップ程度の巨大システムのリプレースとしては異例ともいえる低コスト（初期開発時との比較で開発費用 82%減）で更新を行うことに成功している。

3.3　調達方式

調達方式としては、調達コスト低減のため、Ver.2 以降採用している分離調達手法を引き続き採用した。

公的機関では一般競争入札が原則であるため、分離調達を実施した場合は、関係サブシステムをどのベンダが落札するか全く予測がつかない。落札ベンダにとっては、経験も力量も全く不明のベンダとの協働作業を強いられるため、通常の方法ではリスクが高すぎて応札を躊躇してしまう。

そこで、財務会計基本システムと業務管理支援システムの間のみならず、全サブシステムの間でインタフェースを明示した分離構成とすることで、各調達範囲の明確化を行っている。図 3-10 に分離構成の概要図を示す。

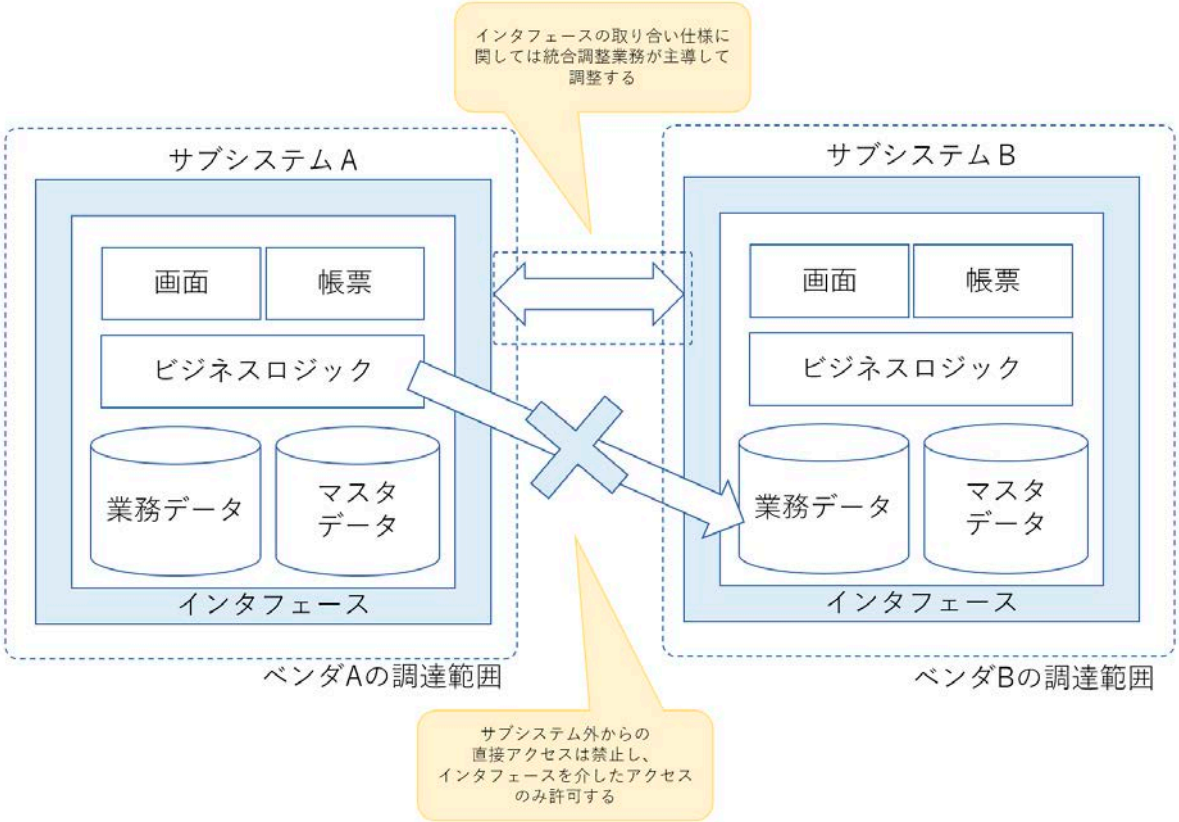

図 3-10　分離調達の実施に向けたシステム分離構成概念図

各サブシステムは明確なインタフェースを実装し、他サブシステムからのインタフェースを介さないデータアクセスは禁止する。これにより、自担当サブシステムのインタフェースの送信及び受信部分まで正常に動作することを証明すれば、他社担当のサブシステムの状況に左右されずに自社の完成責任を果たしたことを証明できる。また、関係する他社の進捗遅れが発生する場合も､インタフェースをスタブ化することで自担当部は比較的独立して開発可能であり、影響を最小限化できる。

本方式でプログラム実装に関しては独立性を担保することが可能であるが、一方で、システム全体が一連で業務要件を満たすように設計されているかを確認し、必要な場合には各サブシステム間インタフェースの調整を行う必要がある。そのために、全体に関わる調整部分を個別発注部分とは別に用意する統合調整業務の担当としている。

統合調整業務は下記 4 点の役割を担う。

①調達全体の工程管理

②サブシステム間インタフェース仕様の調整

③業務管理支援システム共通仕様に関する調整

④統合試験計画の策定及び試験工程の調整

統合調整業務は全サブシステム間の連携全体を把握し、問題発生時にはシステム要件や技術的仕様の調整のみならず、関係ベンダ間の利害調整まで含めて行う必要があるため、当該システムに関する極めて高度かつ広範な知見とマネジメント能力を要求される。ただし、分離調達の場合、基本的に各調達は独立し互いに責任は負わず、統合調整業務も各サブシステム開発やプロジェクト全体の成果に対して責任を負うものではない。

本手法では各サブシステムの受注ベンダは担当部分の完成責任しか負わないため、全体動作を確認するための統合試験は実施するものの、システム全体の動作を担保してくれるベンダは存在しない。発注者側も相応のリスクを覚悟しなければならなく、また運用フェーズに入った後、障害発生時の原因切り分けも開発ベンダではなく運用主体側で実施する必要がある。

以前の更新時には、要件定義、全体設計及び運用試験を外部委託ではなく機構側で実施することで大きなコスト削減を実現したものの、統合調整業務についてはその難易度の高さから外部のシステムインテグレータに発注して実施していた。今回はさらなるコスト削減が必要な状況であったこと、及び分離調達手法を採用して 10 年弱が経過し、機構側スタッフのマネジメント能力が熟練の域に達していたことから、外部委託ではなく機構側で実施することとした。図 3-11 に機構業務と委託作業の分担を示す。

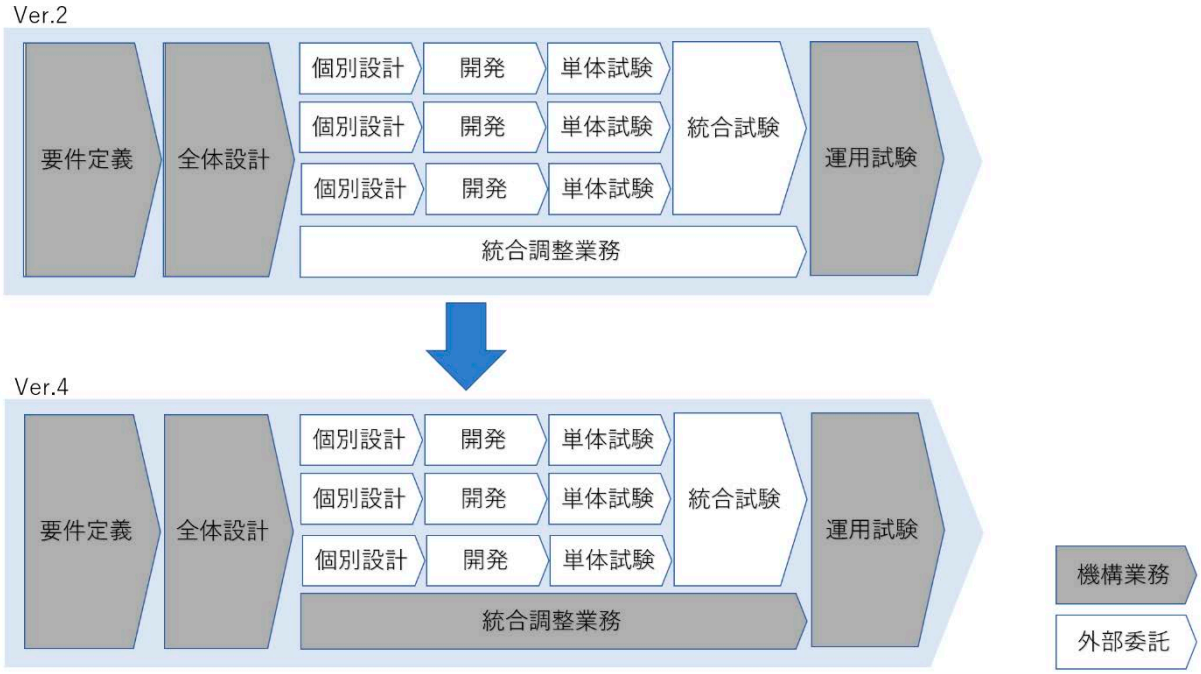

図 3-11　機構業務と委託作業の分担

以前の調達時において、統合調整業務の外部委託費が調達費全体の約 2 割を占めていたことを考えると、統合調整業務の内部実施化はコスト削減に非常に大きく寄与しているといえる。

3.4　ハードウェア及びミドルウェア

次期システムのハードウェア構成を表 3-1 に、ソフト構成を図 3-12 に示す。

表 3-1　次期システムハードウェア構成

サーバ種別	サーバ名	CPU	メモリ	ストレージ
運用機	財務会計基本システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E5-2650v4 （2.2GHz 12 コア）	48GB	HDD: 4TB×2 （RAID1）
	業務管理支援システム用 WEB/AP サーバ	Xeon E5-2667v4 （3.2GHz 8 コア）	48GB	HDD: 4TB×2 （RAID1）
	業務管理支援システム用 DB サーバ	Xeon E5-2667v4 （3.2GHz 8 コア）	48GB	HDD: 4TB×2 （RAID1）
検証機	財務会計基本システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E3-2623v4 （2.6GHz 4 コア）	16GB	HDD: 4TB×2 （RAID1）
	業務管理支援システム用 WEB/AP/DB サーバ	Xeon E3-2623v4 （2.6GHz 4 コア）	16GB	HDD: 4TB×2 （RAID1）

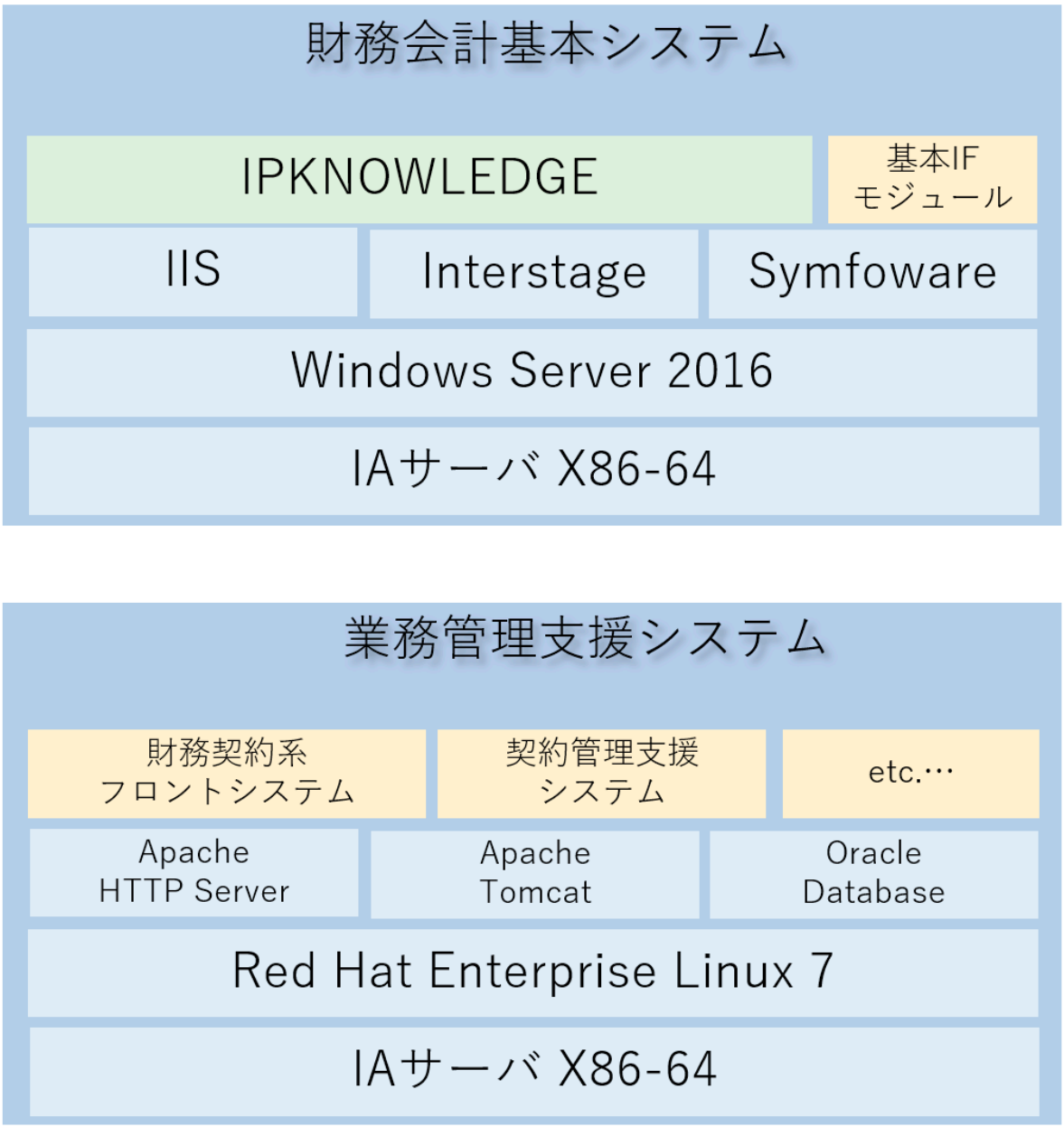

図 3-12　次期システムソフト構成

ハードウェアに関しては、現行システムのスペックで十分な性能を発揮していたことから、同程度でのリプレースに抑えている。ディスク接続のインタフェースを従来の SATA から SAS へとグレードアップした関係で、高価な SSD の購入を見合わせ、HDD のみの構成としている。

ミドルウェアに関しても、基本的に現行システムと同じソフトのバージョンアップとすることで、プログラムの移植に必要な改修量を最小限化している。

3.5　まとめ

本章では、次期財務契約系情報システム開発において採用した分離調達を基調とした分散型システム構築手法の詳細と、開発プロジェクトの概要及びシステムの技術的内容について述べた。

調達方式として分離調達を採用したことにより、全 11 件の調達に全 10 社、のべ 27 社の入札を得ることができた。また、基本インタフェースモジュールを介したパッケージ仕様の隠蔽化により、既存プログラムの最大限の再利用が実現され、新規機能を 25 件程度追加しつつも独自開発部のソースコードの追加量を約 65KLOC に抑えることに成功している。さらに、統合調整業務の内部実施化による効果も合わせると、以前のシステム更新時と比較して調達コストを 55%削減、初期開発時との比較では 82%削減の結果となっている。

以上の結果により、本稿で述べたシステム分離手法が目的のとおり有効に機能したと考えている。

4. 結論

本稿では分離調達手法を用いた財務・契約系情報システム Ver.4 の開発について述べた。以前のシステム開発時と比べて機構側の分担領域を拡大したことで、電子決裁機能の追加、財務会計パッケージの変更と大幅にシステム変更を行いながらも、同時に調達コストの著しい削減を実現した。当システムは、今後運用試験を行った後、運用開始となる予定である。

組織全体の基幹系業務に対する電子決裁機能の導入は機構において初の試みである。教科書的には電子決裁システムの導入前に業務フローの洗い出し及び最適化を行うことが定跡ではあるが、実際には業務フローは現場に根差して多種多様に存在するため、机上の検討のみで網羅的かつ正確に業務フローを把握することは極めて困難である。そのため、運用開始後も容易に業務フローの変更を可能とする構成を立案し、開発したところである。電子決裁システムの導入により、これらの従来不可視であった業務フローをシステム上に顕在させることが可能となる。さらに、顕在化した業務データを整理解析することで、より高いレベルの業務効率化への発展が可能になる点が、電子決裁導入のもう一つの効果である。

また、最近は「エビデンスに基づく政策形成」の重要性が指摘されてきており、将来的には機構の運営においても財務・契約系業務のみならず、人事や研究成果管理等、広範な範囲の業務データを一元的に管理して政策形成の根拠とする必要性が出てくると予想される。一般的に、多種業務を一元的に取り扱うには ERP パッケージの採用が行われるが、ERP パッケージは非常に高額であり、かつ全業務を単一のパッケージに適合させる必要があるため、導入のハードルが極めて高い。本稿で述べた分散型システム連結手法を高度化し、現状の個別業務システム群を最大限利活用しながら、複数の業務システムの多種多様なデータを有機的に統合分析する手法も検討していきたい。

なお、分離調達に関してはその実施困難さから国のガイドラインが緩和される状況となっている[4)5)]。分離調達はハイリスクハイリターンの手法であることを認識し、当手法を採用する際には、発注者側が主体的に責任を持ってプロジェクトの運営を行うと共に、設計・開発・試験工程にも精力的に寄与することが必要不可欠である。そのためには、高いプロジェクトマネジメント能力と技術的知見を併せ持つ高度 IT 人材を組織内で継続的に採用・育成していく体制が欠かせない点に注意が必要である。

謝辞

本報告書を記載するにあたり有用な助言を頂いたシステム計算科学センター久米悦雄副センター長及び OA システム室久野哲也室長に感謝の意を示す。加えて、事務面より本プロジェクトを支援頂いた OA システム室上野時生主査と、組織・人事情報システムとの連携に関して助力頂いた一般財団法人高度情報科学技術研究機構の酒井学氏に感謝の意を示す。

さらに、業務面より検討作業に協力頂いた財務部、契約部、総務部及び事業計画統括部の多くの関係者に対し感謝の意を示す（関係者多数のため個々の名前は割愛させて頂く）。

最後に、財務・契約系情報システムの運用に日々精力している OA システム室の全スタッフに感謝の意を示す。

参考文献

1) 各府省庁情報化統括責任者（CIO）連絡会議 ： “業務・システム最適化指針（ガイドライン）”, 2006 年 3 月 31 日各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議決定, (2006).
2) 木村英雄他 ：“次期財務・契約系情報システムの概念設計”, JAEA-Technology 2008-075, (2008), 32p.
3) 木村英雄他 ：“財務・契約系情報システム改修に関する技術報告”, JAEA-Technology 2011-027, (2011), 31p.
4) 各府省庁情報化統括責任者（CIO）連絡会議 ：“情報システムに係る政府調達の基本指針”, 2007 年 3 月 1 日各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議決定, (2007).
5) 各府省庁情報化統括責任者（CIO）連絡会議 ： “政府情報システムの整備及び管理に関する標準ガイドライン”, 2014 年 12 月 3 日各府省情報化統括責任者(CIO)連絡会議決定, (2014).

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立方メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度[a]，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率[b]	（数字の）　1	1
比透磁率[b]	（数字の）　1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能[f]	ベクレル[d]	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m\ m^{-1}\ s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m\ m^{-1}\ s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg\ s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ s\ A$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2\ kg\ s^{-2}\ mol^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}\ mol^{-1}$
照射線量（X 線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}\ s\ A$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2\ s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=m^2\ kg\ s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2\ sr)$	$m^2\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=kg\ s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 $hm^2=10^4m^2$
リットル	L, l	1 L=1 l=1 $dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	1 t=10^3 kg

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10^{-19}J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10^{-27}kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10^{11}m

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10^5Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg≈133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	1 b=100fm^2=$(10^{-12}cm)^2$=$10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デシベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10^{-7} J
ダイン	dyn	1 dyn=10^{-5}N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm^{-2}=0.1Pa s
ストークス	St	1 St =$1cm^2\ s^{-1}$=$10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm^{-2}=10^4cd m^{-2}
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm^{-2} =10^4lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s^{-2}=$10^{-2}ms^{-2}$
マクスウエル	Mx	1 Mx = 1G cm^2=10^{-8}Wb
ガウス	G	1 G =1Mx cm^{-2} =10^{-4}T
エルステッド[a]	Oe	1 Oe ≙ $(10^3/4\pi)$A m^{-1}

(a) ３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10^{10}Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10^{-4}C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10^{-2}Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10^{-2}Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10^{-9}T
フェルミ		1 フェルミ=1 fm=10^{-15}m
メートル系カラット		1 メートル系カラット= 0.2 g = 2×10^{-4}kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1 cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー），4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年）