

序 論

1 研究の背景及び目的

社会環境は日々変化しており、グローバル化、高度情報社会、企業間の連携と統合、景気の低迷・回復などに見られるように大きな環境の変化を受けており、社会の構造・組織などはこの変化する環境への即応などを迫られ、これに対応して変化している。これらの影響はシステムにも及んでおり、これまでのシステムには信頼性・安全性だけが求められていたものが、今や社会や利用者からの要求の変化に即座に対応し、その責任を果たしつつることが求められてきている。また、ネットワークの発達に伴い多くのシステムが有機的に接続されるようになっている。このようなシステムでは異種のニーズを持つだけでなく頻繁にニーズが変化しているなど、システムの外的変化及び内的変化の両方に対して対応が求められており、システムの安定稼働が今まで以上に求められている。システムの社会における責任はより一層重くなっていると言える。

一方、このような変化への対応は、システムの大規模化・複雑化をもたらし、システム全体を正確に把握することを困難にしている。これはシステムの修正変更に大きな危険が伴うことを意味する。このような環境下でシステムを安全に変化させる技術が求められている。これは従来の信頼性・安全性などとは異なる概念を必要とし、この概念をアシュアランスと呼んでいる[16, 17]。これを実現するためのアシュアランス技術は、異種のニーズを持ったシステムの共存を許容する「異種性」と、状況変化に柔軟に対応でき常にニーズを満たす性質である「適応性」を併せ持ったシステム技術の総称である。

これらの変化への対応は、いろいろな企業活動の分野でも見られる。例えば、製造業、通信会社などの企業合併にともなう統合システム化、国際会計基準の導入によって連結経営を行うためのシステム統合、結合などがある。これらのシステムを統合、結合、更新をする際、システムの安定稼働を阻害させずに、新しく機能を追加することが必須である。鉄道分野における列車の運行システムを例にとると、従来は運行管理システム、CTC（列車集中制御装置）、連動装置、旅客案内装置、情報伝達システム等、メインフレームを中心とする階層構造のシステムを構成していた。各システムはニーズの要求レベルも異なり、各々独立したシステムを構成していた。しかし、最近の大規模輸送管理システムはこれらのシステムを小型の汎用サーバを中心に構成

し、ネットワークで接続して統合化する自律分散システムとして構成している。この結果、今までは各システム間で途切れていた情報が一貫して流れ、運行状況の変化に即応して制御がなされ、更に関連のシステム（装置）へも一貫して情報が流れるようになった。このため、運行業務の効率向上、乗客へのサービス向上等、大きなシステム効果を上げている。

このことは鉄道事業全体についても同様のことがいえる。従来は安全で正確な輸送を行えば良かったものが、現在では安全性、快適性、利便性などの多様な質の高いユーザ・サービスを求められている。一方で鉄道輸送を支える重要なシステムの1つである自動出改札システム（AFC: Automatic Fare Collection system）は、異種システムとの共存、異種ニーズとの連携、円滑なシステム更新などのシステムニーズが存在する。具体的には高密度輸送におけるピーク時の乗降客の「流動性の確保」に対応するための重要な課題の一つとして「自動改札機の処理速度向上」がある。一方で、金券である乗車券を処理するためシステムの信頼性の確保が不可欠である。このため、高速処理と高信頼性の両方を備えた乗車券システムが必要不可欠である。しかし、従来の磁気式自動出改札システムでは駅内は簡易な集中システム構成で各端末は原則オフライン処理しており、保守コストも高く、拡張性も乏しいものである。これらの課題を解決し、更に乗客の利便性向上やメンテナンスコスト低減のために新しい無線通信方式のICカード乗車券システムの開発が必要となった。

この新しい無線通信式ICカード乗車券システムは無線通信により改札機との処理を行うため、改札時に処理を高速化するとデータ処理の信頼性が低下するという問題がある。このため、「ICカード」「自動改札機」「センターサーバ」という処理時間の異なるシステムを統合した、「異種統合型自律分散システムアーキテクチャ」を提案する。このシステムアーキテクチャを活用し、高速処理性と高信頼性を実現するアシュアランス技術を併せて提案する。

本論文においては、異種（無線通信と有線通信、処理時間の異なるシステムなど）を統合した情報処理システムにおける高速性と信頼性を実現するためのニーズと課題を明確にし、これを解決するためのシステム構築技術と高速処理性と高信頼性という要件を満たすための2つの自律分散処理技術、さらにはアシュアランス性を評価する技術について研究する。

2 論文の構成

本論文の構成を図0.1に示す。本論文において、第1章「異種統合型情報サービスシステムのニーズと課題」では、鉄道乗車券システムやインターネットを使った電子

商取引などのような高負荷トランザクションを処理する情報サービスシステムと設備機器を含む制御システムとの異種統合型情報サービスシステムのアプリケーションニーズとシステムニーズについて述べた。このような異種統合型システムにおいてはシステムの障害、拡張、保守などのシステム状況変動時にも、高速性、高信頼性とリアルタイム性を両立させ、サービスの継続を保障するアシュアランス性が求められることを示す。しかし、従来の集中・分散管理システムでは、上記のようなアシュアランス性には対応できないことを示し、異種統合の視点に立ったシステムアーキテクチャ、アシュアランス性保障のための技術とその評価方法の必要性を明らかにする。

第2章「分散技術動向」では、はじめに、本研究の前提条件となるアーキテクチャについて調査し、従来の分散システムアーキテクチャと技術の動向を明確にする。また、従来システムでは異種ニーズ/異種モード共存下でシステムのアシュアランス性を満たすことが困難であることを述べる。

異種統合システムの構築技術の1つはデータ駆動型アーキテクチャを持つ「自律分散システム技術」であり、2つめは異種ニーズ、異種モードを共存させ、またその変化に適応していくための「アシュアランス技術」とその動向である。まず自律分散システムでは、データ駆動型アーキテクチャであるデータフィールドアーキテクチャについて明らかにし、さらにオンライン中にシステム構築を行う時に有効なオンライン保守技術、オンライン拡張技術について明確にする。また異種ニーズ、異種モードの共存する環境下でのシステム安定稼働を保障する技術としてのアシュアランス技術について述べる。システム共存に必要な基礎技術であるデータフィールドとシステムの共存方法を、前者については分離型、統合型、共存型に、後者については分離型と統合型にそれぞれ分類について述べる。その上で、これらを組み合わせた異種システム共存技術について明らかにする。

第3章「異種統合型情報サービスシステムアーキテクチャとアシュアランス技術」では、異種統合型情報サービスシステムのニーズを解決するためのアーキテクチャ、アシュアランス性を実現するための自律分散整合化技術と自律連携処理技術を提案した。異種統合型情報サービスシステムアーキテクチャでは、異種データの特性に応じてデータフィールドを構成し、それらが目的に応じてゲートウェイを介してデータを交換できるようにしてある。ここで各サブシステムに自律性を持たせ、それらがデータフィールドを介した連携により、システムの部分的障害、拡張、保守においても、稼働の継続性が保証できることを明らかにする。

「自律分散整合化技術」では、リアルタイム性制限の下で高トランザクション処理において生じるデータの欠損を回復するため、データフィールドごとにデータの滞留時間を変化させた時間差異種データフィールドを構成し、それらの連携によるデータ間の論理的整合化を図る技術を提案する。この技術により、トランザクションの発生特

性に応じて整合化達成時間を最小にする，異種データフィールド数と各データフィールド間の時間差を導出した。

「自律連携処理技術」では，各サブシステムが持つ情報の局所的条件下で，サブシステムごとの処理の分散化／サブシステム間の連携と処理時間との関係を明らかにする．この技術により，高速処理を達成するための最適なシステム分割／連携度合をトランザクションの発生特性に応じ求められることを示す。

さらに，このようなアーキテクチャと技術のもとで，システム変動下における稼働の保証度合を評価するためのアシュアランス性評価として，機能信頼性評価技術を提案する。

第4章「鉄道乗車券システムへの適用」においては，上記の「異種統合型情報サービスシステム」を，無線ICカード／有線ネットワーク／ゲート装置など複数の手段を含む制御／トランザクション処理の統合された鉄道乗車券システムに対し，乗客の流動性を妨げることなく，処理の高速性，高信頼性を実現するため，提案したシステムアーキテクチャと2つのアシュアランス技術を適用し，それらの有効性が実証できることを示す。

まず，現行の鉄道乗車券システムの概要と問題点を述べ，次に，ICカードを使った無線と有線の異種システムが統合され，端末，駅サーバ，センターサーバを自律的に制御するという新しい鉄道乗車券システム（異種統合型自律分散乗車券システム）についてその機能と動作を概説する．さらに，このシステムにおける，無線通信方式のICカードゆえの欠点としての「データ抜け」という重大な問題が発生してもシステムを止めること無く，データの信頼性を確保できるように「自律分散整合化技術」を適用しその有効性を評価する．また，高密度輸送におけるピーク時の乗降客に対応するための重要な課題として「自動改札機の処理速度向上」の問題を明らかにし，その解決技術としての「自律連携処理技術」を適用し，その有効性を評価する．これらの技術を導入した場合と導入しない場合とを比較，評価し，アシュアランス度を高めるためのシステム構築技術の有効性を検証する。

また，システム設計への適用として設計パラメータの最適値を求める評価方法を提案し，これにより，ユーザーにとって最適な状態での設計値（改札機リーダ／ライタの通信エリアの大きさ）について自動改札機において検証する。

第5章「結論」は本研究全体を総括し，異種統合型情報サービスシステムでの処理の高速性と高信頼性を実現するためのシステム構築技術と2つの自律分散技術，アシュアランス性評価技術を示す．これらの技術は，今後ますます要求の強まる異種統合型情報サービスシステム，高信頼性システムへ適用が想定され，本技術は今後の更なる発展が期待されるものであることを述べる。

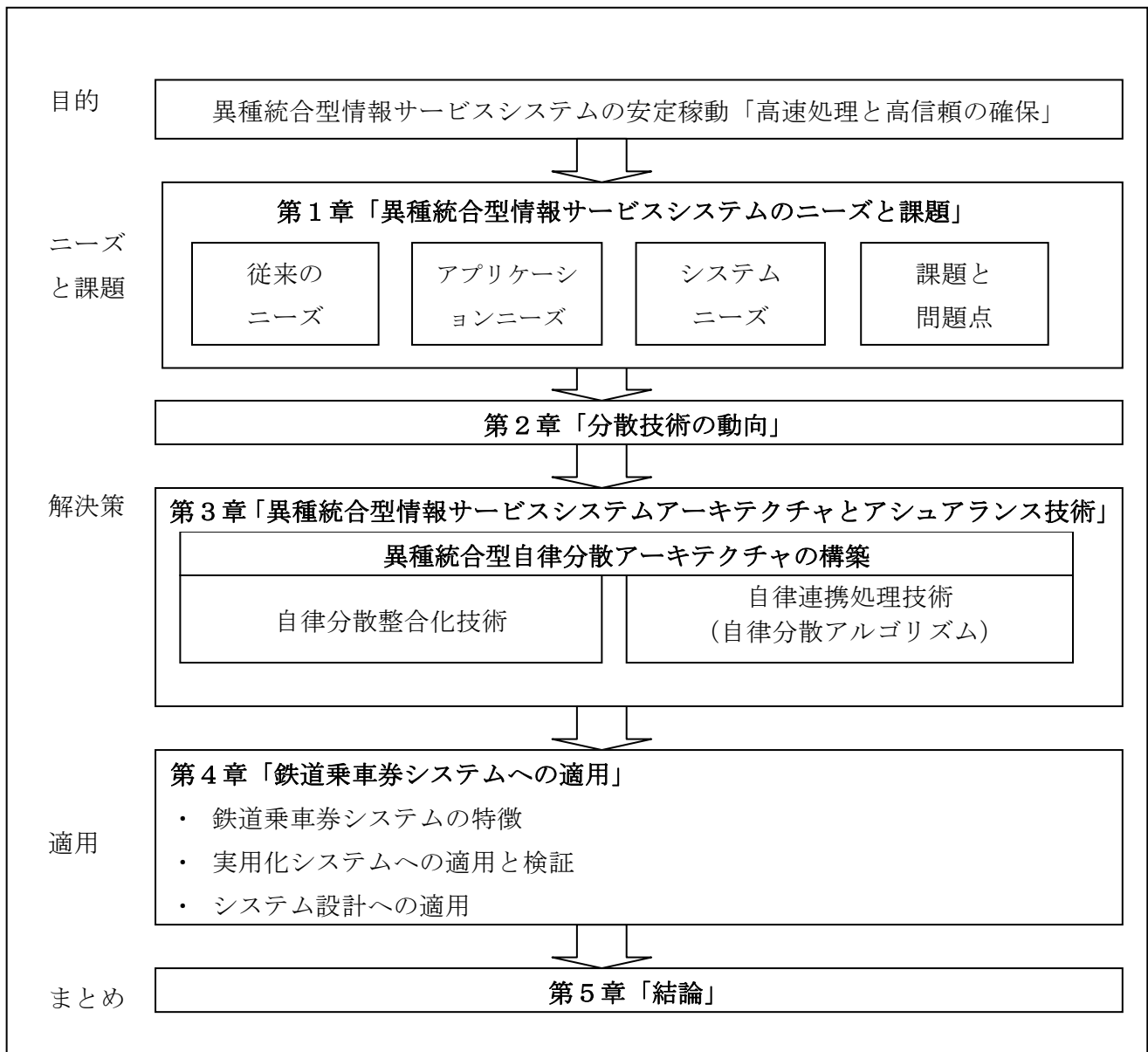


図 0.1 本論文の構成