

## 新サービスを創造する鉄道情報空間と マルチデータベースシステム

### A Railway-Cyber Space with Multi-database Systems for New Service Creation

清木 康<sup>\*1</sup>

Yasushi KIYOKI  
Professor, KEIO University



#### Abstract

Our current world has “Cyber and Physical spaces” in Human societies, and “Cyber-Physical System (CPS)” with information and knowledge resources is expected to create new various services. In the railway environment, it is becoming important to realize CPS as a platform for integrating various and heterogeneous databases, services and knowledge resources. Information and knowledge system technology targets the variety of themes in the domains of (1) Cyber-Physical System, (2) Spatio-temporal computing system, (3) Multimedia system, (4) Big Data analysis, (5) Artificial Intelligence, (6) Emotion-based “Kansei” Information System, (7) Social Computing, (8) IoT & Sensor network, (9) Cross-cultural Computing and (10) Visualization. With those technological basis, much attention is paid to create “various new-services in the railway environment” for making promising and progressive business and marketing.

This paper discusses a fundamental system-architecture of multi-database systems to realize future & innovative activities to promote new social values in the railway system environment. A multi-database system interconnects heterogeneous databases by dynamically computing spatial, temporal and semantic relationships in a meta-level of local databases. The feature of the meta-level system is to realize data integration among heterogeneous databases and knowledge resources by computing spatial, temporal and semantic inter-relationships in a context-dependent way. The meta-level system is effective and advantageous for memorizing, integrating, retrieving, analyzing and visualizing significant information for creating innovative services and new marketing in a railway system environment.

●**Keywords:** Service Creation, Multi-Database System, Cyber-Physical System, Big-data Analysis

## 1. 緒言

現代社会には物理空間(Physical Space)と情報空間(Cyber Space)が共存しており、それらを対象とした統合系はサイバー・フィジカルシステム(CPS)と総称される。鉄道事業におけるサービス&マーケティングの対象は、“鉄道物理空間(鉄道実空間)”だけでなく、“鉄道情報空間”に広がっている。図1に示すように、サイバー・フィジカル連動のサイクルとして、“鉄道物理空間”において発生する事象に関するデータは“鉄道情報空間”に写像され、それらは“鉄道情報空間”において記憶、共有、統合、検索、分析され、それらの結果は“鉄道物理空間”へ発信される。このサイクルを対象とした新たな“サービス&マーケティング”を志向することによる新たなビジネスチャンスの創造が期待されている。

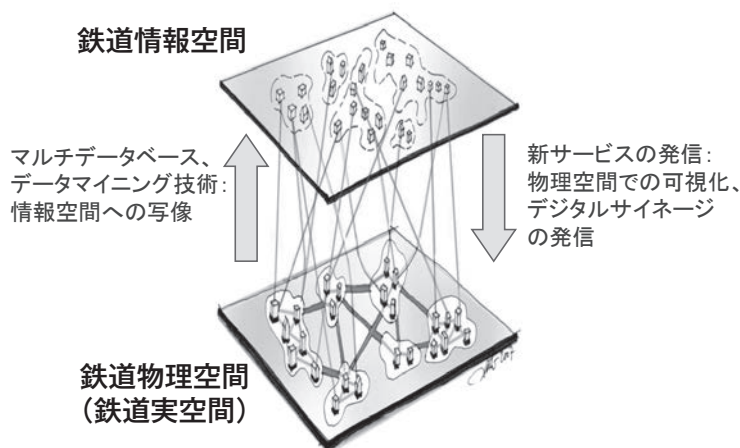


図1 鉄道空間におけるCyber-Physical Spaces(CPS)

<sup>\*1</sup>慶應義塾大学SFC環境情報学部 教授

## 2. 交通運輸情報分野における情報通信技術

地球規模に影響を与える自然環境変化、社会的環境変化、急速な技術革新の中において、我々は自然および社会環境の永続的維持、改善、健全な発展を重要な使命として実現しなければならない状況に直面している。交通運輸情報分野においても、自然環境、社会環境の維持・改善・発展のための交通運輸情報系システムの設計・構築を実現する基礎的かつ応用的な研究・開発の推進が重要となっている。

近年の交通運輸情報分野において対象となる情報通信技術は、(1) サイバー・フィジカルシステム、(2) 時空間コンピューティングシステム (Spatio-Temporal Computing System)、(3) マルチメディアシステム、(4) ビッグデータ分析 (Big Data Analysis)、(5) 人工知能 (AI)、(6) 感性情報システム、(7) ソーシャル・コンピューティング、(8) IoT・センサー・ネットワーク、(10) クロスカルチャル・コンピューティング、(11) 情報可視化システムなどであり、それらを応用したシステムの構築が活発である。これらの技術は、多様なデータ資源やデータベース資源を対象とした新たな記憶蓄積、共有、統合、想起、配信環境を実現する本質的な機能であり、新しい情報や知識を生成、伝達、発信するための多くの“新サービス”を開拓するベースとなるものとして期待されている<sup>1) 2) 3) 4)</sup>。

## 3. マルチデータベースシステム：鉄道情報空間システムにおける 時空間データベース連結・統合・連動の実現

近年の鉄道情報空間についての研究の重要な対象は、時間的、空間的な変動を伴う“動的データ”(列車運行、駅状況、流動、移動、サービス・コンテンツなど)を対象とした時間的連想、空間的連想、意味的連想、感性的連想機能実現の方法論およびシステム設計論の構築である<sup>4) 5) 6)</sup>。これらの機能は、動的データを対象とした新たな記憶蓄積、共有、統合、検索、分析、配信、可視化環境を実現する本質的な機能であり、交通運輸分野においても、新しい多くの“サービス”を開拓するベースとなるものとして期待されている。

これらの機能を実現する本質は、動的データに内在する時間的、空間的要素の抽出方法、および、それらの要素に関する動的データ間での関係性の計量方法の設計、構築にある。時間的、空間的要素の抽出は、動的データである列車運行、駅状況、流動、移動に内在する状況・意図変化の“分析、認識、抽出”に対応する。その実現のための基本システム技術は、マルチデータベースシステムとよばれる複数データベースを有機的に統合するシステムである<sup>4)</sup>。

マルチデータベースシステムは、独立に設計・構築された情報源である個別データベースの集合を統合し、それらが独立にもつ価値を連携することによりシナジーを生み出し、それらの価値を高めることを目的とするシステムであり、拡大する情報資源と多様性の集約を実現するシステムとして注目されている。現在の“ビッグデータ分析”の分野においても、マルチデータベースシステムの構成によるビッグデータ分析は主要な研究・開発対象として、位置づけられている。

マルチデータベースシステムとは、分散システムあるいは、ネットワークシステムにおける情報の共有を実現するシステムの総称であり、広域ネットワーク上に独立に構成されたデータベース(レガシーデータベース)群を対象とした検索・結合操作によって新しい情報を生成するための機能を実現するシステムである。

図2に示すように、鉄道空間においては、独立に構築された多くのレガシーデータベース群が存在し、それらの共有、および、利用を必要とする範囲は、鉄道空間だけでなく、周辺の都市、町、および、個人に広がっている。レガシーデータベースの構築が、共通の時間、空間上での情報生産活動により形成されてきたことを考慮すると、時間・空間は異なるレガシーデータベース群の主要な接点となる。すなわち、多くのレガシーデータベース間には本質的に時間的・空間的な等価性・類似性・包含性などのデータ間に内在する性質が存在する。それらのレガシーデータベース群を時間的・空間的な関連性によって検索・結合する機能群を実現することは、異なる情報源の連結による新たな情報サービスの生成のために本質的に重要である。

図3に、鉄道空間における新サービスを生成・発信するマルチデータベースシステム構築の例を示す。このシステムは、慶應義塾大学SFCにおいて実施しているJR東日本寄附講座：交通運輸情報プロジェクトを基礎として、JR東日本フロンティアサービス研究所と慶應義塾大学SFC清水研究室間での共同研究において実現したシステムである。

このマルチデータベースシステムによって、例えば、ある列車について、乗客が移動してきた方向別の比率を図4のように示し、その列車において提供する適切なサービス・コンテンツ選択の判断が可能になる。本研究の成果として、データ間の時間的、空間的、意味的関連性を計量し、異種のデータベースを連結するメタレベルシステムのデータ統合方式により、多様なサービス・コンテンツ(広告、列車運行情報、旅客流動情報など)の選択・統合・配信を実現している。具体的には、時間的な計量空間、空間的、意味的な計量空間の設定、更に、その機構における関連性の計量、および、それらのシステム実現を行ってきた。このシステムは、メタレベルシステムにおいて異種の計量システム群を統合することにより、それら計量システム固有の適用範囲を拡大し、新たなサービス・コンテンツの統合による新サービスの創造のベースとして期待されている。

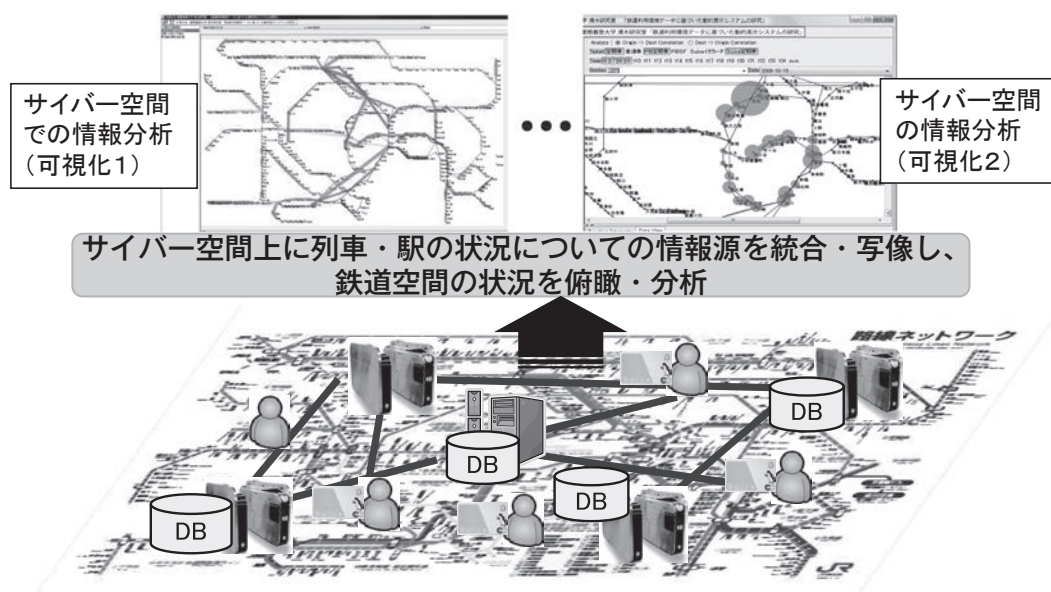


図2 鉄道空間におけるマルチデータベース環境と情報源の統合・分析・可視化

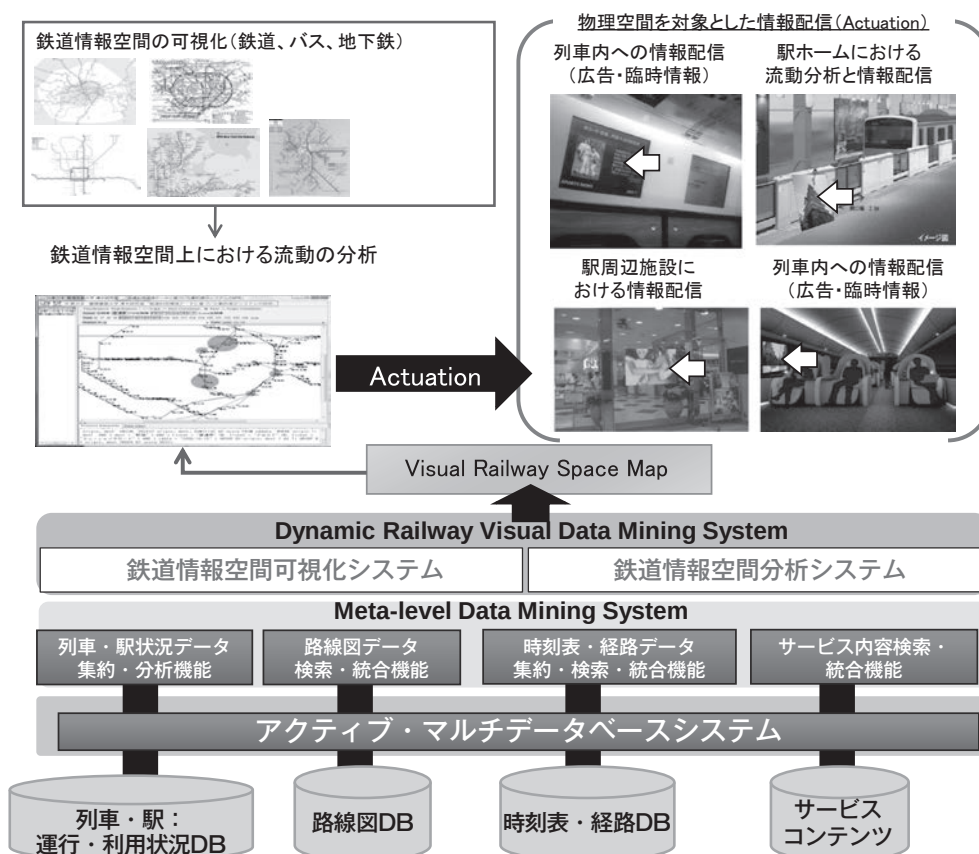


図3 鉄道空間における新サービスを生成・発信するマルチデータベースシステム



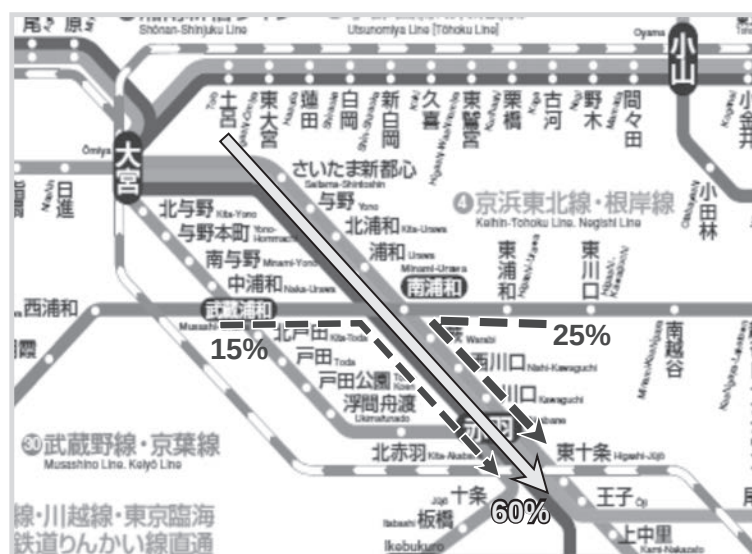


図4 情報空間と物理空間の連携：南浦和駅・京浜東北線上り列車の旅客分布分析

## 4. 終わりに

今後の新サービス創造の対象として、マルチデータベースシステム、および、それを実現するメタレベル・システムアーキテクチャは、時間的、空間的な視点に加えて、視覚的、文化的、感性的な視点を加えた新しい交通運輸情報およびシステムの設計論を導くものであり、交通運輸情報分野においても、新しい多くの応用を開拓するベースとなるものとして期待される<sup>4) 5) 6)</sup>。

“鉄道物理空間と情報空間の連携・連動”という目標は、現在の鉄道環境において最も本質的なものの一つであり、システムを駆使した鉄道運輸環境構築、新サービス、ニュービジネス構築に向けての研究活動を行っていくことが重要である。

## 謝辞

慶應義塾大学SFCにおいて実施しているJR東日本寄附講座：交通運輸情報プロジェクトを推進頂いているJR東日本研究開発センター・フロンティアサービス研究所の皆様に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T.: A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, ACM SIGMOD Record, vol. 23, no. 4, pp.34-41, 1994.
- 2) Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, Multimedia Data Management -- using metadata to integrate and apply digital media-, McGrawHill(book), A. Sheth and W. Klas(editors), Chapter 7, 1998.
- 3) Kiyoki, Y. and Ishihara, S.: A Semantic Search Space Integration Method for Meta-level Knowledge Acquisition from Heterogeneous Databases, Information Modeling and Knowledge Bases (IOS Press), Vol. 14, pp.86-103, May 2002.
- 4) Kiyoki, Y., Sasaki, S., Nhung Nguyen Trang, Nguyen Thi Ngoc Diep, "Cross-cultural Multimedia Computing with Impression-based Semantic Spaces", Conceptual Modelling and Its Theoretical Foundations, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp.316-328, March 2012.
- 5) Kiyoki, Y. "A "Kansei" Multimedia Computing System for Environmental Analysis and Cross-Cultural Communication," 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Semantic Computing, keynote speech, Sept. 2013.
- 6) Kiyoki, Y. and Chen, X.: A Semantic Associative Computation Method for Automatic Decorative Multimedia Creation with "Kansei" Information, Invited paper, The Sixth Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling (APCCM 2009) , 9 pages, Jan. 2009.

Research papers related to "The Mathematical Model of Meaning: MMM":

<http://www.mdbl.sfc.keio.ac.jp/~kiyoki/kiyoki-kansei-0.pdf>  
<http://www.mdbl.sfc.keio.ac.jp/~kiyoki/kiyoki-kansei-1.pdf>  
<http://www.mdbl.sfc.keio.ac.jp/~kiyoki/kiyoki-kansei-2.pdf>  
<http://www.mdbl.sfc.keio.ac.jp/~kiyoki/kiyoki-kansei-3.pdf>  
<http://www.mdbl.sfc.keio.ac.jp/~kiyoki/kiyoki-kansei-4.pdf>