

謝 辞

本研究を行うに当たり、終始適切な御指導、御鞭撻をいただいた森欣司教授に心より感謝いたします。社会人博士課程への進学を助言して下さったばかりでなく、論文の投稿、国際学会での発表などを懇切丁寧にご指導いただき、社会人としてプロジェクト業務の遂行に専念していた小生にとっては大変貴重な経験をさせていただきました。産学連携という視点から、大学での学術的研究と企業での実用的研究・開発とがそれぞれ持つ長所と短所とを体感できました。

本論文をまとめるに当たり、社会人の陥りがちな点を技術的、論理的な観点から、多くのご指摘と有益なご助言をいただいた、藤原英二教授、酒井善則教授、荒木純道教授、横田治夫教授に心よりお礼を申し上げます。

また、本研究に適切な指導と助言をいただいた助手の呂暁東さんをはじめ、森研究室のメンバーの皆様には多くのお手伝いをさせていただきました。特に大橋克弘君（現佐藤研究室）とは多くの活発な議論をし、その結果としてのデータ解析などに尽力いただき大変感謝しております。また、濱幸太郎君とはディスカッションにおいて有益なヒントを得ることができ感謝しています。さらに、研究室での研究活動において、学内の事務手続きを行っていただいた森研究室の秘書の皆様には感謝します。特に大原なおみさんには、研究の進捗のご配慮や発表会への準備なども快く行っていていただき感謝いたします。

今回、ICカード乗車券システムの開発・実用化の業務を担当させていただいたうえ、博士号取得への機会を与えていただき、会社の業務と研究との両立に積極的にご支援いただきました。東日本旅客鉄道(株) 大塚陸毅会長、石田義雄副会長、小縣方樹常務取締役、小倉雅彦常務取締役、浅井克巳取締役はじめ、Suica部の皆様には心より感謝いたします。特に、本研究を進めるにあたり、論文作成、データの整理、海外発表の準備などを直接手伝ってくれた、山名基晴君、矢島武幸君、中川公人君には改めてお礼を申し上げます。

本研究を行うに当たり、研究対象である異種統合型自律分散ICカード乗車券システムを開発し、研究に必要なデータを提供していただいた(株)ジェイアール東日本情報システム、ジェイアール東日本メカトロニクス(株)の関係者の皆様にもお礼を申し上げます。

最後に、家庭にあって終始私を支え、会社と大学とが両立するよう協力してくれた妻八重子と声援してくれた娘達に感謝します。

参考資料

〔自律分散システム〕

- [1] 森欣司, 宮本捷二, 井原廣一:「自律分散概念の提案」, 電学誌 C, Vol.104-C, No.12, pp15-22, 1984-12
- [2] 藤沢真二:「世界にはばたく技術ー自律分散システムーニュースの印刷から流通を統合する新聞生産管理システム」, 電気学会誌, Vol.121, No. 3, pp115-118, 2001-3
- [3] K. Mori, “Autonomous Decentralized Systems Technologies and Their Application to Train Transport Operation System” , HIS1999, pp1-13, Nov.1999
- [4] 森欣司:「自律分散システム [I]」, 電子情報通信学会誌, Vol.184, No.6, pp403-408, 2001-6
- [5] 森欣司:「自律分散システム [II]」, 電子情報通信学会誌, Vol.184, No.7, pp484-490, 2001-7
- [6] 森欣司:「自律分散システム [III]」, 電子情報通信学会誌, Vol.184, No.8, pp611-617, 2001-8
- [7] 森欣司:「自律分散システム [IV]」, 電子情報通信学会誌, Vol.184, No.9, pp663-669, 2001-9
- [8] 森欣司:「自律分散システム [V]」, 電子情報通信学会誌, Vol.184, No.10, pp734-740, 2001-10
- [9] 織茂, 森, 井原:機能信頼度に基づくシステム分割の評価, 計測自動制御学会論文集, Vol,28, No. 2, 1992
- [10] Kinji.Mori: ” Autonomous Decentralized System Concept, Data Field Architecture and Future Trends ” ISADS1993, Kawasaki, Japan, pp23-34, Apr.1993
- [11] Kinji.Mori: et. al ” Autonomous Decentralized System Software Structure and It ’ s Application ” , IEEE Fall Joint Computer Conference, pp.1056-1063, Nov.1986
- [12] Kinji.Mori: ” Autonomous Decentralized System [I. - V.] ” , IEICE, No.6-10, Vol.84, 2001
- [13] Kinji.Mori: ” Technology that flaps in the world -Autonomous Decentralized System(1) (2) ” , The Institute of Electrical Engineers of JapanNo.2-3, Vol.121, 2001

[アシュアランスシステム]

- [14] I-Ling Yen, R. Paul and K. Mori, “Toward Integrated Methods for High-Assurance Systems”, IEEE Computer, Vol. 31, No. 4, pp32-34, 1998
- [15] I-Ling Yen, R. Paul, “Key Application for High Assurance Systems”, IEEE Computer, Vol. 31, No. 4, pp35 -36, 1998
- [16] 森欣司：「アシュアランスシステムのニーズと技術動向」，電子情報通信学会，アシュアランス研究会，1998-50，pp1-8，1998-6
- [17] 森：「情報と制御の統合した社会インフラに対するアシュアランス技術の動向」電子情報通信学会，2003
- [18] M. Matsumoto, A. Hosokawa, S. Kitamura, D. Watanabe, A. Kawabata, “Development of the Autonomous Decentralized Train Control System”, IEICE Trans. Commun., Vol. 84-D, No. 10, pp1333-1340, Oct. 2001
- [19] 松本雅行，森欣司：「自律分散型列車制御システムにおけるアシュアランス技術と評価法」，電子情報通信学会，Vol. J86-DI, No. 1, pp14-22, Jan. 2003
- [20] 解良，外 “大規模輸送管理システムにおけるアシュアランス技術”，Technical Report of IEICE. FTS99-29(1999-06)
- [21] K. Kera, et. al, “Assurance System Technologies Based on Autonomous Decentralized System for Large Scale Transport Operation Control System” IEICE, Trans. COMMUN. Vol. E83-B, No. 5, May 2000
- [22] 矢代裕之，高橋吉郎，藤原暉雄：「宇宙機搭載分散型コンピュータシステムのアシュアランス性の検証」，第 44 回宇宙科学技術連合会講演会，pp83-89，2000-10
- [23] Leon Alkalai, Ann T. Tai, “Long-Life Deep-Space Applications”, IEEE Computer, Vol. 31, No. 4, pp37-38, 1998
- [24] 松本雅行 2003. 3 博士論文「システムの段階的構築におけるテストのアシュアランス性評価技術と列車制御システムへの適用の研究」
- [25] 梶功夫：異種システム共存のための自律分散アシュアランスシステムの研究，2001 年度博士課程卒業論文
- [26] 解良和夫：アシュアランス性評価技術に基づく段階的システム構築技術の研究 “ Step-by-step system construction technology based on assurance evaluation technology ”，2003 年度博士課程卒業論文

[信頼性工学他]

- [27] 薦田憲久，矢島敬士：「企業情報システム」，コロナ社，1999-10
- [28] 当麻，南谷：フォールトトレラントシステム，電子通信学会誌，63-10，1031/1041，1980

- [29] Skeen, D., " Nonblocking Commit Protocols ", Proc. Of the ACM SIGMOD (1981)
- [30] Lamport, L., "Time Clocks, and the Ordering of Events in a Distributed System", Comm. ACM, Vol. 21, No. 7, pp558-564 (1978)
- [31] Skeen, D. and Stonebraker, M., "A Formal Model of Crash Recovery in Distributed System" IEEE Trans. Software Eng., Vol. SE-9, No. 3 (1983)
- [32] 谷村勇輔, 「クラスタおよび広域計算環境における並列分散遺伝的アルゴリズム」. 同志社大学大学院 博士論文, 2004.
- [33] 飯塚泰樹 鈴木浩之 2005.12 「Tabu Search を用いたマルチエージェント型分散制約充足手法の提案」 社団法人電子情報通信学会 信学技報
- [34] 2001年12月18日 NRI 野村総合研究所 「2006年までの IT 主要分野の市場規模とトレンドを展望」
- [35] A. S. Tanenbaum, : "Distributed Operating Systems", Prentice Hall, Inc., 1995
- [36] A. S. Tanenbaum, : "Computer Network", Prentice Hall, Inc., pp502-506, 1996

[機能信頼性]

- [37] 森欣司著 : 「自律分散システム入門 (システムコンセプトから応用技術まで)」 森北出版(株) 2006.09
- [38] M. D. Beaudry: "Performance-Related Reliability Measures for Computing Systems", IEEE Trans. on Computers, C-27-6, 540/547, 1978
- [39] J. F. Meyer: " On Evaluating the Performability of Degradable Computing Systems", IEEE Trans. on Computers, C-29-8, 720/731, 1980
- [40] T. Inagaki et al.: " Optimization of Staggered Inspection Schedules for Protective Systems ", IEEE Trans. Reliability, R-29-2, 170/173, 1980
- [41] Ihara. H and K. Mori: " Fault-Tolerance Through Autonomous Decentralized System ", IFIP Working Conf. On Reliable Computing and Fault-Tolerance in the 1980s, London, 1 10, Sept., 1979
- [42] K. Mori, et al.: " Autonomous Decentralized Loop Network ", Comcon-Spring 82, 192/195, 1982
- [43] H. Ihara and K. Mori: "Highly Reliable Loop Computer Network System Based on Autonomous Decentralization Concept ", FTCS-12, 187/194, 1983
- [44] 森・宮本・井原: " 分散システムにおける機能と信頼性の評価法", 計測自動制御学会論文集, pp. 314-321, 1984

- [45] 織茂, 森, 井原: 機能信頼度に基づくシステム分割の評価, 計測自動制御学会論文集, Vol, 28, No. 2, 1992

[自動出改札システム]

- [46] Y. Naka “Study on complicated passenger flow in a railway station” Railway Technical research report, No.1079, 1978.
- [47] A. Imai, “Examination of parameter of size of automatic fare collection gate”, OMRON TECHNICS, Vol.12, No.1, pp, 25-40, 1972
- [48] S. Miki et al., “Development of contact-free IC card for railway ticket system,” Proc. IFAC CCCT ’ 89, Sep. 1989.
- [49] S. Miki et al., “Contact-free IC card for new railway ticket system,” ASCE 2nd Conf. Appl. Adv. Tech. in Transportation Engineering, Aug. 1991.
- [50] A. Shiibashi et al., “JR East Contact-less IC Card Automatic Fare Collection System ‘Suica’ , IEICE (Institute of Electronics Information Communication Engineers), Vol. E86D - No.10, 2003
- [51] S. Miki, “Total marketing strategy with non-contact IC card,” World Congress on Railway Research(WCRR, 94), vol.1, pp.53-58, 1994
- [52] Y. Naka “Study on complicated passenger flow in a railway station” Railway Technical research report, No.1079, 1978.
- [53] A. Imai, “Examination of parameter of size of automatic fare collection gate”, OMRON TECHNICS, Vol.12, No.1, pp, 25-40, 1972
- [54] S. Miki et al.,” Contactless smart card AFC trials in East Japan Railway Co.,” WCRR99, 1999.
- [55] 椎橋章夫著:「自動改札のひみつ」成山堂書店(2003)4.1.3
- [56] 椎橋章夫: IC カード乗車券システムにおける自律分散高速処理・高信頼性技術とそのアプリケーション, 電子情報通信学会第15回アシュアランスシステム研究会, pp. 1-9, 2005
- [57] 椎橋章夫: IC カード乗車券システムにおける自律分散高速処理技術とそのアプリケーション, 計測自動制御学会産業論文集 vol14, No. 7 41/49 (2005)

[鉄道システム]

- [58] S. Yamanouchi, “Railways and Information Systems”, ISADS1999, Tokyo, Japan, pp2-9, Mar. 1999

- [59] F. Kitahara, H. Katano, T. Ono, Y. Kakumoto, K. Kikuchi, M. Shinomoto, “Distributed Management for Software Maintenance in a Wide-Area Railway System”, ISADS1997, Berlin, Germany, pp311-318, April.1997
- [60] F. Kitahara, “Realization of the train operation control system for next generation (IROS & ATOS)”, UIC Signaling Seminar, Tokyo, Japan, pp. 87-94, 1998
- [61] F. Kitahara, H. Katano, T. Ono, Y. Kakumoto, K. Kikuchi, M. Shinomoto, “Distributed Management for Software Maintenance in a Wide-Area Railway System”, ISADS1997, Berlin, Germany, pp311-318, April.1997

[その他]

- [62] 塩見：『信頼性工学入門』，丸善，1967
- [63] E. J. Henley and H. Kumamoto: “Reliability Engineering and Risk Assessment”，Prentice-Hall, Inc., 1981
- [64] 佐藤 史隆，廣安 知之，三木 光範. 最短経路問題におけるアルゴリズム【ウォーシャル・フロイド法】の調査 ISDL Report No. 20040716001.
- [65] 佐藤 史隆，廣安 知之，三木 光範. 最短経路問題におけるアルゴリズム【ダイクストラ法】の調査 ISDL Report No. 20040716002.
- [66] 「データベース論 I 第 12 回データベース管理システム(2)ートランザクションと信頼性制御ー」 Tomonori Gotoh Lab.
- [67] 「WEB +DB PRESS Vol.20 実践 PostgreSQL 散策」日本 PostgreSQL ユーザ会理事長 石井達夫
- [68] 月刊 Linux World 2005 年 5 月号 特別企画「PostgreSQL vs. MySQL」鈴木啓修
- [69] 大村賢ほか：『顧客ニーズ指向のグローバル生産管理システム』，電気学会誌，vol.121, No.2, 2001
- [70] <http://www.odva.org> : (the organization that supports network technologies built on the Common Industrial Protocol (CIP™))

研究実績

1. 論文

- [1] 椎橋「ICカード出改札システム“Suica”の開発と導入」；日本信頼性学会, Vol. 25, No. 8, pp. 718-727, 2003.11
- [2] 椎橋「リサイクル券売機の開発・導入」；日本鉄道技術協会, Vol. 44, No. 10, pp. 27941-27944 2001.10
- [3] 白川・椎橋「JR East Contact-less IC Card Automatic Fare Collection System “Suica”」；IEICE(The Institute of Electronics Information Communication Engineers), Vol. E86D No. 10, pp. 2070-2076, 2003.10
- [4] 椎橋「Introduction and Future Development of Suica Non-contact IC Card Ticketing System」；Japan Railway & Transport Review, No. 32, pp. 20-27 2002.9
- [5] 椎橋「有線／無線統合型 IC カードシステムにおける自律分散高速処理技術とそのアプリケーション」；計測自動制御学会 SICE 産業論文第 4 巻第 7 号[自律分散システム特集号], pp. 41-49, 2005.08
- [6] 椎橋「Autonomous Decentralized High-speed Processing Technology and the Application in an Integrated IC Card Fixed-line and Wireless System」電子情報通信学会 (IEICE)「自律分散小特集号」 Vol. E88-D, No. 12, pp. 2699-2707, Dec. 2005
- [7] 椎橋他「AUTONOMOUS DECENTRALIZED DATA CONSISTENCY FOR HIGH-ASSURANCE EMBEDDED SYSTEM」International Scientific Journal of “Computing” Vol. 4, Issue 2, pp. 105-112, Jan. 2006
- [8] 椎橋「有線・無線統合型自律分散 IC カード乗車券システムの信頼性評価技術の研究」電子情報通信学会 (IEICE)「ディペンダブルコンピューティング」特集号, Vol. J89-D, No. 8, pp. 1623-1630, 2006.8
- [9] 椎橋他「異種統合型自律分散 IC カード乗車券システムにおける高速処理・高信頼性技術の研究」情報処理学会論文誌「産学連携論文」特集号 2007.2 予定
- [10] 椎橋他「High-speed Processing in Wired-and-Wireless Integrated Autonomous Decentralized System and Its Application to IC Card Ticket System」Innovations in Systems and Software Engineering, “A NASA Journal” 2007.3 予定 (NASA; National Aeronautics and Space Administration)

2. 査読付き国際学会発表

- [1] 「Autonomous decentralized high-speed processing technology and the application in an integrated IC card system with fixed-line and wireless」 ISADS, pp.215-223, 5 April, 2005, Chengdu, China
- [2] 「High-speed Processing and High Reliability in a Wired-and-Wireless Integrated Autonomous Decentralized IC Card Ticket System」 6th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, pp.248-253, 10 November, 2005, Yangon, Myanmar
- [3] 「High-speed Processing in Wired-and-Wireless Integrated Autonomous Decentralized IC Card Ticket System」 ADVANCES IN COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY, pp.145-150, 23 January, 2006, Puerto Vallarta, Mexico
- [4] 「An Application of Autonomous Decentralized Architecture to an IC card Ticket System」 International Conference, Applied Computing, pp.107-114, 26 February, 2006, San Sebastian, Spain
- [5] 「High-speed Processing in Wired-and-Wireless Integrated Autonomous Decentralized System and Its Application to IC Card Ticket System」 3rd IEEE Workshop on Engineering of Autonomic and Autonomous Systems, pp.19-24, 29 March, 2006, Potsdam, Germany
- [6] 「Achievement of High-speed Processing by Autonomous Decentralized Processing and Decentralized Algorithm in a Wired-and-Wireless Integrated IC Card Ticket System」 3rd Workshop on Software Technologies for Future Embedded & Ubiquitous Systems, pp.163-174, 28 April, 2006, Gyeongju, Korea
- [7] 「HIGH PERFORMANCE IN A WIRED-AND-WIRELESS INTEGRATED IC CARD TICKET SYSTEM」 5th International Workshop on Wireless Information Systems, pp.56-65 23, May, 2006, Paphos, Cyprus
- [8] 「The evaluation of high reliability in an autonomous decentralized IC card ticket system」 7th International Symposium On Computer Networks, pp.209-213, 17 June, 2006, Istanbul, Turkey
- [9] 「High-speed Processing by Autonomous Decentralized Architecture and Decentralized Algorithm in a Wired-and-Wireless Integrated IC Card Ticket System」 3rd IEEE Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services, p6, 26-29 June, 2006, San Francisco, US
- [10] 「Autonomous Decentralized Processing and Decentralized Algorithm for High Speed in a Wired-and-Wireless Integrated IC Card Ticket System」 IEEE

Symposium on Computers and Communications, pp.857-862, 26-29 June, 2006, Pula-Cagliari, Italy

- [11] 「High Reliability in Autonomous Decentralized IC Card Ticket System」 International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks, p2, 4 July, 2006, Lisbon, Portugal
- [12] 「AN APPLICATION OF AUTONOMOUS DECENTRALIZED ARCHITECTURE TO AN IC CARD TICKET SYSTEM」 International Symposium on Speed-up and Service Technology for Railway and Maglev Systems, pp.359-366, 15 July, 2006, Chengdu, China

3. 招待講演

- [1] Invited Speech ; 「Development and Introduction of a Contact-less IC Card System “Suica” 」 ; Fraunhofer Institute for Open Communication Systems, 8. July. 2004. Berlin Germany
- [2] Invited Speech ; 「Development and Introduction of a Contact-less IC Card System “Suica” 」 ; University of Vienna Institute of Technology, 9. July. 2004 Vienna Austria
- [3] 「ICカード Suica の鉄道事業から生活サービス事業への展開戦略－ICカードとネットワークインフラとの連携技術」 電子情報通信学会総合大会 2006. 3. 26
- [4] 「ICカード(Suica)の開発と展開」 日本信頼性学会 第19回秋季信頼性シンポジウム, 2006.10.20

4. 国内シンポジウム, 研究会等発表

- [1] 「ICカード (Suica) 出改札システム技術」; 日本画像学会, 技術研究会, 2001. 11
- [2] 「ICカード (Suica) の導入と IT 技術」; 日本機械学会, 関東支部 例会 2002. 11
- [3] 「Suica の IT 技術」; 日本フルードパワーシステム学会, 特別研修会 2004. 6. 11
- [4] 「IC カード乗車券システムにおける自律分散高速処理・高信頼性技術とそのアプリケーション」 ; 電子情報通信学会 (IEICE) 第 15 回アシュアランスシステム研究会 2005. 07. 15

5. 受賞

- [1] 「IC 乗車券改札機システムの開発と実用化」; 日本機械学会 技術賞受賞 2003. 4 , 椎橋他 4 名

- [2] 日本産業技術大賞・内閣総理大臣賞；日刊工業新聞社 2002. 4. 17, 企業
- [3] 国土交通大臣賞；国土交通省 2002. 10. 1, 企業
- [4] 日本鉄道賞「情報化への貢献」部門；国土交通省 2002. 10. 14, 企業
- [5] WITSA IT賞2004民間部門；World Information Technology and Services Alliance, 2004. 5. 20 ,Athens Greece 企業
- [6] JR 東日本社長賞「IC カード出改札システムの開発と導入」；東日本旅客鉄道(株)2002. 2. 6 椎橋
- [7] ICT事業奨励特別賞；自律分散型高アシュアランス技術；財団法人電気通信協会 2006. 5. 20 椎橋

6. 著書

- [1] 「自動改札のひみつ」；成山堂書店, 2003. 12 椎橋
- [2] 「次世代交通カード革命」(共著)；NTT 出版, 1998. 8 椎橋他 9 名

7. 特許

- [1] 「記録媒体処理方法及び記録媒体処理装置」；特願平 7-292813 1995. 11. 10 椎橋他 8 名 1998/03/06 登録
- [2] 「プリペイドカードの残り表示方法」；特願平 7-292812 1995. 11. 10 椎橋他 8 名 1997/09/12 登録
- [3] 「割引定期券自動発券システム」；特願平 9-40873 1997. 2. 25 椎橋他 3 名
- [4] 「割引定期券自動発券システム」；特願平 9-40874 1997. 2. 25 椎橋他 3 名
- [5] 「入口規制システム」；特願 2000-269921 2000. 9. 6 椎橋他 3 名
- [6] 「移動機」；特願 2000-269920 2000. 9. 6 椎橋他 3 名 2006/06/23 登録

8. その他

- [1] 非常勤講師：東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科 技術経営専攻 技術経営戦略第一 2003 年度から現在に至る
- [2] NHK「プロジェクト X」に Suica システムの開発者として出演；2005. 11. 1