

制度ロジック観点での鉄道イノベーションの分析¹

－自動列車停止装置から自動運転への展開に関する一考察－

安藤 良祐 長崎大学大学院経済学研究科博士課程／鹿児島大学 法文学部

1. はじめに

(1) 鉄道の自動運転を取り巻く状況

我が国の鉄道業界にとって 2024 年は自動運転の本格実用化に向けたターニングポイントであったと言ってよいだろう。なぜなら、国内鉄道網の大部分を占める地方鉄道の効率化の切り札となる GOA2.5 (Grades of Automation) の営業運転が九州旅客鉄道株式会社 (JR 九州) の香椎線で実現したからだ (JR Kyushu, 2024a)。これにより、運転士が乗務せずとも、運転士以外の係員による列車の運行が可能となった。もちろん、我が国の自動運転の歴史は古く、その技術は 1976 年の札幌市交通局東西線を皮切りに様々な事業者で採用されてきた (Mizuma, 2017)。しかし、これまでは地下鉄や新交通システムなど、人が容易に立ち入りできず、踏切などの外乱要素がない専用線に限られていた。これに対し、踏切があり、ホームドアも設置されていない、一般的な路線での自動運転の実現は国内初であり、GOA2.5 としては世界初となる。

GOA2.5 の実現前までは、国内の自動運転は、自動列車制御装置 (Automatic Train Control: ATC) と呼ばれる列車が所定速度を超過した場合に人を介さない自動的なブレーキ操作によって所定速度内に速度を落とす装置を基本に、追加機能として、①ホーム停止後の発車制御、②次駅まで所定時間で走行する定時運転制御、③ホームの所定位置に停車させる定位置停止制御などを有する自動列車運転装置 (Automatic Train Operation: ATO)、つまり ATC と ATO の組み合わせで実現されるものであった (Mizuma, 2017; Nakamura, 2014)。当然、関係法規である「鉄道に関する技術上の基準を定める省令 (国交省令)」には、自動運転には ATC が必須である旨が謳われていた (JREEA, 2024)。

しかし、JR 九州 の自動運転は、ATC ベースではなく、ATS (自動列車停止装置: Automatic Train Stop) と呼ばれる、停止信号が現示されている場合に当該信号機までに列車を停止させる装置がベースであり、本来であれば自動運転の条件を具備しない²。ATS は ATC と異なり、列車速度を連続監視しておらず、国交省令でも ATS と ATO による自動運転は許可されていなかった (Mizuma, 2017)。加えて、GOA2.5 は国際規格にはない日本の独自規格である。なぜ、このようなプロダクトイノベーションが実現できたのだろうか (Utterback & Abernathy, 1975)。

¹ 本研究の一部は科研費 24K22638 からの支援を受けている。

² 国際的には ATS・ATC を特に区別することなく、Automatic Train Protective device (ATP) と呼んでいる。

(2) 本研究の目的

現在の鉄道業界は、少子高齢化・過疎化に伴って、特に地方での鉄道運営が加速度的に厳しさを増している。しかし、鉄道会社は大量輸送を求められる交通機関であるがゆえ、安全・安定輸送への投資と持続可能な経営との常に板挟みにある。特に安全は国交省令でも厳しく基準が定められ、安全を犠牲に経営の効率化を生むイノベーションは生まれにくいと捉えられがちだ。しかし、このような制度的環境下でもイノベーションは生まれるし、そのプロセスは市場の一般顧客を対象とした製品開発とも大きく異なると考えられる。我が国の鉄道は、1872 年の新橋・横浜間の開通以来、多様な発展を遂げてきた。近年でも超電導リニアの開発、新幹線の速度向上など技術的なイノベーションは広く認知される状況にあり、鉄道事業者、鉄道研究者、鉄道メーカーは日進月歩で、世界に類を見ない安全・安定輸送を実現している。しかし、これらのプロセスに関する研究はほぼ存在せず、実態は不明である。

それゆえ、イノベーションと鉄道に特有な制度に焦点を当て、新制度派組織論の制度ロジック概念 (Friedland & Alford, 1991)、またその多元性 (Besharov & Smith, 2014) をアイデアに、イノベーションのメカニズムを分析する。これによって規制産業などのイノベーションプロセス解明の一助としたい。なお、本稿は関連論文や企業データなどの 2 次データから分析を行うものである。

2. 先行研究

(1) 新制度派組織論

新制度派組織論は、“組織的諸活動を効率的に調整・統合するための最も有効なシステムとして認識されたために公式構造が普及した”と官僚制の合理性に関する議論を嚆矢としている (Wakuta, 2015)。Meyer and Rowan (1977) では、合理的とされる公式構造が存在しようが、実際の業務とはズレがあり、公式構造が規範的な合理性をもって組織的な活動を調整・統制するのは神話にすぎないと論じた。これに関連し、Yamada (2003) は、新制度派組織論がいわゆる組織の論理ではなく、制度そのもの、もしくは制度化の論理を構築主義的に捉える立場を取っていると指摘する。同様に、Inoue (2011) も“既に自明視され、制度化されたルールを手掛かりに、行為者がどのように活動を遂行しうるのか”という問いが、新制度派組織論の課題であると述べている。また、DiMaggio and Powell (1983) では、組織の同質化現象を単なる合理性や効率性の観点ではなく、競争的同型化、制度的同型化の枠組みで整理した。これに対して、Yasuda and Takahashi (2007) は、“組織にとっては環境において正しいと思われる構造や行動様式を具備することが生存のためのカギ”であると指摘し、組織が環境における正統性を追求する理由を説明している。

ここで留意すべきは、合理性と正統性は二項対立にあるわけではないという点である³。組織は、単に正統性を得るために非合理的に制度へ適合するのではない。むしろ、環境で正

³ 一見硬直的な官僚制でもイノベーションは起こるように、“制度が人々を拘束し、組織を硬直化する”との考えに捉われるのは危険である。(Matsushima & Urano, 2015)

統化した制度に戦略的に対応することで合理的に行動していると理解する必要がある (Uenishi, 2014)。そのため、例えば、先行者の戦略を模倣してリスクを極小化する模倣的同型化も合理的選択と解釈できる。

(2) 制度ロジックと制度ロジック多元性

では、同じ制度下の企業が完全に同質化しない理由をどう考えるべきなのか。Friedland and Alford (1991) では、制度を単に物質的に捉えるのではなく人間行動や社会を形成する理想的な面も考え、“個人や組織が物質的な実在を生産また再生産し、時間と空間を組織化する人間活動の超組織的パターン”と定義した。そのうえで、制度的秩序を維持するために、組織原理を構成し、組織や個人が構築することのできる物質的实践とシンボリック構成から成る制度ロジックを利用すると説明する。さらに、制度（マクロ）・組織（メゾ）・個人（ミクロ）の3レベルでの分析することの重要性を説く。このように、マクロレベルの制度的環境に内包される組織や個人が制度的矛盾を解消するために様々な制度ロジックを用いて制度変化を試みるため、同じ制度下にある企業に差異が生じると解釈できるのである。

制度ロジックが組織内に複数存在することは Thornton et al. (2012) など確認されており、Besharov and Smith (2014) では、その多元的な効果は争いや対立、共存、衰退、革新など様々な結論があるが、組織により異なる結果がもたらされる条件の洞察は限定的で、組織内の複数の組織ロジックが成果に与える影響を分析することの重要性を説いている。特に、複数の組織ロジックが組織内でどのようにインスタンス化（実体化）するのか、「複数の組織ロジックに関する組織的インスタンス間の互換性」と「組織機能の中核的な特徴である中心性」のマトリックスによる説明を試みている。

同様に Funatsu (2019) では、組織ロジックに関する先行研究には“マクロ単位における制度ロジックの変化が、組織や個人の存在を無視してあたかも超越的にもたらされたとするならば、あるいは組織や個人が没主体的に変化を受容したとするのであれば、制度論における制度の入れ替えモデルや非合理的同型化などの理論課題を乗り越えたとはいえない”と批判し、制度ロジックの分析にはその多元性概念である“制度ロジック多元性を扱うことが前提”になると指摘する。

(3) 鉄道会社の制度ロジック

ここで鉄道事業の制度を考えておきたい。鉄道は伝統的な規制産業であるがゆえ関係法令・省令はもちろん、公共交通機関としての役割、地域経済への影響、環境への対策といった多様な制度下にあり、制度間のコンフリクトを常に抱える状況にある。先行研究はなく仮説ではあるが、その制度ロジックには、路線の採算性や輸送効率の向上・利益を求める事業ロジック、事故防止や顧客の安全確保を最優先とする安全ロジック、関係法令や規制への適合を企図した規制ロジックなどが考えられる。これらは Perkmann et al. (2018) を参考にすれば、表1のように整理できるだろう。

表 1 鉄道会社の制度ロジック

項目	事業ロジック	安全ロジック	規制ロジック
経済システム	私益／営利	公益／社会的責任	公益／法的規制
活動の性質	収益最大化、 事業効率性の追求	アクシデント・インシデントの 削減、安全文化の醸成	法規の遵守、公共交通機 関としての義務
タスクの配分	利益創出に伴う事業拡大、 競争優位性の確保	人／技術起因のエラー 防止、リスク管理の強化	規制当局の基準に 適合する施策の実施
アウトプットの利用	経営判断、事業戦略、 事業拡大	安全マネジメントの 確立、事故調査報告	規制改正への対応、 新たな基準の策定
個人への報酬	業績向上、昇進、報酬	安全文化の継承、 従業員の安全基準	法規制遵守責任、 行政監査への対応

出所) Perkmann et al. (2018) を参考に筆者作成⁴

3. 文献データによる分析と考察

(1) 国内の ATS 導入状況

では、具体的事例に移りたい。まず国内の ATS 導入状況から整理すると、その歴史はヒューマンエラーに伴う事故とともにあったと言える (Oshitate, 2016; Nakamura, 2014)。日本国有鉄道 (国鉄) では、戦前である 1941 年の山陽本線網干駅での列車追突事故を契機に、ATS の前身となる車内警報装置の開発が検討され、終戦後の 1954 年に山手線・京浜東北線に導入された。ただし、同装置はあくまで信号が停止現示の場合に運転席で警報音を鳴動させるのみであり、安全面に課題があった。しかし、1962 年の常磐線三河島駅列車衝突事故などやはり事故を契機に技術開発が進み、警報音が鳴動しても運転士が所定のブレーキ操作、確認扱い⁵をしなければ、非常ブレーキで自動的に列車を停止させる ATS が誕生し、1966 年には国鉄全線区に導入されている。

そもそも ATS とは、鉄道の信号機に付随して線路内に設置される地上子と呼ばれる小型機器と車両側に設置される車上装置で構成されるシステムである。車上装置の一部である車両下部の車上子から常に一定の周波数が送信されており、車上子が地上子上を通過すると、地上子は車上子の周波数を変周して応答する。進行や停止などの現示によって地上子の発する変周周波数が変化し、停止現示の変周周波数を車上子が受けると運転士にブレーキ操作、確認扱いを求める挙動を取る。なお、地上子は、列車が信号機までに停止可能な位置に設置され、国鉄では主に ATS-S と呼ばれる種類が利用されていた。

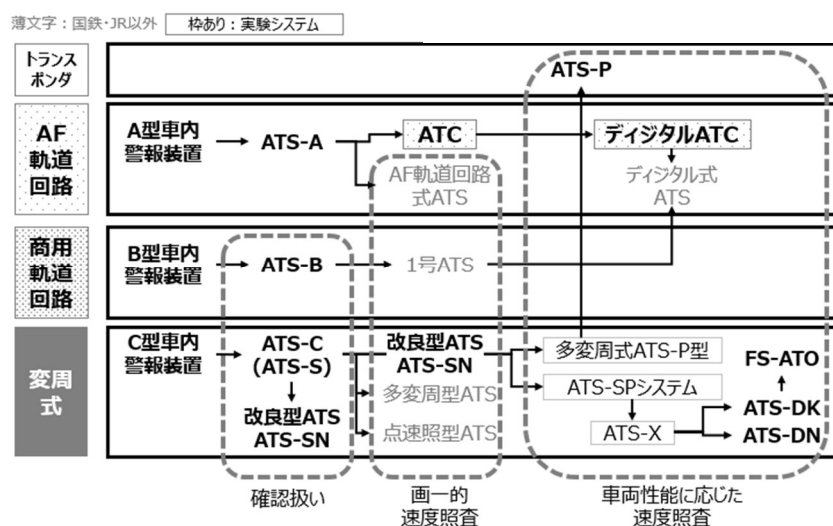
このように車内警報装置よりも安全度は飛躍的に向上したものの、運転士が確認扱いを行った後は運転士の注意力に頼らざるを得ず、運転士の失念などに対しては無策となってしまう重大な欠陥があった。しかし、この欠陥はトランスポンダ型地上子を利用する ATS-

⁴ 例えば、産官学連携を制度ロジックで分析した Perkmann et al. (2018)、Funatsu (2020) では科学ロジック、事業ロジックが用いられている。

⁵ 確認扱いとは、停止現示の警報音が鳴動した際に、運転士が為すべき動作 (確認ボタンの押下など) である。

P の開発によって解消される。トランスポンダ型地上子は、従来の地上子と比較して格段に多くの情報を車上子へ送信できる。この特性により、地上子から停止信号までの距離情報や勾配情報などを車上側に伝送し、車上側では受信データを用いて停止信号機までの速度パターンを計算することが可能となった。これにより、運転士に連続的な速度パターンに従った運転を求めることができる。つまり、従来の地上子による一点のみの速度監視に対し、ATS-P では連続的な速度監視が可能になったのである (Hiraguri, 2017)。ただし、ATS-P は従来型の ATS と車上子・地上子ともに互換性がなく導入には高コストが必要である。それゆえ、1987 年の実用化以降、導入線区は東京や大阪の大都市圏の一部に限られていた (Hiraguri, 2017; Orihara et al. 2017)。このように ATS は、主に事故や欠陥の改善によるインクリメンタルなイノベーションを繰り返して進化した (図 1)。

図 1 我が国の ATS の導入と展開



出所) Hiraguri (2017)、Nakamura (2014) を参考に筆者作成

JR 九州では、1987 年の発足以降、ATS-S の改良型であり、独自仕様の ATS-SK が主に使用された。その中で 2005 年に発生した土佐くろしお鉄道の宿毛駅線路終端部での脱線事故、JR 西日本の曲線箇所での福知山線脱線事故を受け、2006 年に国交省令第 57 条が改正 (57 条対応) され、ATS にはそれまでの「信号の現示に応じて、列車を自動的に減速または停止させる機能」に加えて、「線路の条件に応じて、列車を自動的に減速または停止させる機能」への対応が必須となった (Miura, 2014; Orihara et al. 2017)。

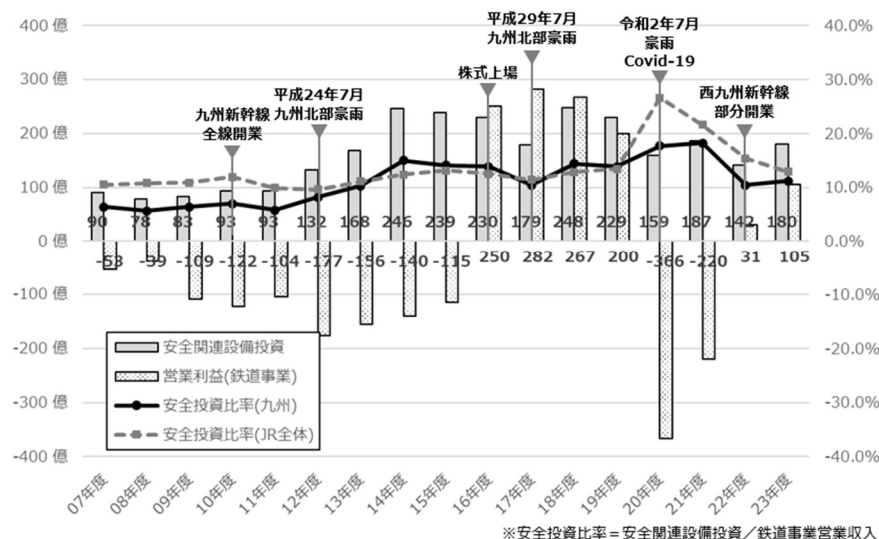
つまり、制度ロジックに当てはめれば、大事故発生による社会的な要請から安全ロジックが変化を受け、新たな規制ロジックが追加されたと解釈できる。従来の ATS-SK には速度照査機能があるため、曲線や分岐などに合わせ照査点を増やせば 57 条対応も可能ではある。しかし、Miura (2014) も指摘するように、あくまで単一速度しか照査できないため、特急列車用や通勤列車用など車両形式ごとに異なる曲線制限速度や減速度に応じた対応はできない。例えば、旅客需要に合わせ特急列車を高頻度運転しようにも曲線区間で必要以上に減速する必要があり、列車の増発ができないなど、事業ロジックたる経営戦略にも大きな影響

が出てしまう。このように制度ロジックのコンフリクトが発生していたと考えられる。

(2) JR 九州における 57 条対応

JR Kyushu (2024b) によると、鉄道事業の営業損益は 1988 年の発足から 2015 年の株式上場前まで赤字で、省令改正前後も数十億円の赤字であった。ただし、事業全体では 2004 年に営業黒字を達成している。その事業セグメントには、鉄道を担う運用サービスの他に、不動産・ホテル、流通・外食などがあり、運輸サービスの売上構成比は約 40%に留まる。つまり、鉄道の赤字は他事業で補填されている。また図 2 のとおり赤字であっても輸送の安全確保などに必要な安全関連設備投資は積極的であり、安全投資比率は 2010 年までは 6%前後、2010 年代中盤からは 10%以上に達している。この比率は JR 他社と比較しても遜色はない。このように事業ロジックと安全ロジックは基本的にコンフリクト状況にあると考えられる。

図 2 JR 九州の安全関連設備投資・鉄道事業の営業利益の推移



出所) JR Kyushu (2024b)、MLIT (n. d) を参考に筆者作成

それでは、JR 九州は 2006 年の 57 条改正にどう対応したのだろうか。実は 1990 年代から公益財団法人鉄道総合技術研究所（総研）、日本信号株式会社（日信）によって、ATS-S を活用して速度照査パターンを車上に発生させる ATS-SP が研究されていた（図 1）。ATS-SP は、前述した ATS-P の高コストを解消するため、既存設備である ATS-S の設備を極力活用し、ATS-P 並みの安全性と経済性の両立を目指していた（Nakamura, 2014）。そして、そのコンセプトは 57 条対応のためにさらに機能が追加された ATS-X に引き継がれ、JR 九州に ATS-DK として採用されることになる（Arai et al. 2007; Yasui et al. 2011; Miura, 2014）。

ATS-DK とは、57 条対応における ATS-SK の課題を解決可能な装置であり、連続速度照査による安全性と既存設備の活用による経済性を両立できる。具体的には、ATS-SK と互換性があり信号機までの距離や位置情報を保有する地上子と、速度制限情報などの線路の条件に関するデータ、車両に応じた性能データをデータベースとして搭載した車上装置によ

って構成されるシステムである (Yasui et al. 2011; Miura, 2014)。地上子からの位置情報を元に、次の曲線・分岐箇所での速度制限パターンを発生させつつ、信号機に付随する地上子からの信号機までの距離情報を元に、当該信号機に対する速度照査パターンを発生できる。これによって、連続な速度監視が可能となった。さらに車両性能も保有するため、列車運用も柔軟に検討できるようになり、戦略的なダイヤ設定も可能である。また ATS-SK と互換性があるため、ATS-SK 区間と ATS-DK 区間を跨いだ運用も可能となる。仮に ATS-P を導入すると、ATS-SK 区間と ATS-P 区間を跨ぐ列車には 2 つの車上装置を搭載する必要があるが、ATS-DK を導入すればそのような負担はなく、コスト・保守ともに極小化できる。このように経済性観点の事業ロジック、連続速度照査による安全ロジック、57 条対応である規制ロジックをいずれも満足する装置だったのである。

ATS-DK 検討時には、Sato (2003) の指摘する“組織フィールドあるいは特定の組織における複数のロジックの共存およびその対立・葛藤”が存在していたと推察される。しかし、複数のロジックの存在が、ロジック間のコンフリクトを生み、特に事業ロジックがドミナントとなった結果、ATS-DK 導入というイノベーションが実現できたと考察できる。仮に十分な投資資金が確保できれば、新システム開発というリスクを冒す必要はなく ATS-P を導入したり、戦略的なダイヤ設定の必要性がなければ、ATS-SK による単一速度照査を採用したりと、資源制約や戦略的な要請が、結果としてイノベーションを促したと解釈できるだろう。

Funatsu (2019) では、イノベーション正当化論の観点から、イノベーションマネジメントでは、イノベーション自体の不確実性により、経済合理性に基づく事業ロジックによる正当化ではなく、周縁的でマイナーな制度ロジックで正当化が図られるために、制度ロジック多元性の維持・両立がイノベーションの源泉に重要だと指摘している。なお、この正当化は“多様な相手に向かって多様な理由によって資源動員への支持を獲得していく様”と定義される (Takeishi et al. 2012)。本ケースでは、そもそも総研・日信が ATS-SP の研究を通じ一定の技術基盤を確立させていたことに加え、両者が ATS-DK の開発に参画していたことから、技術面の不確実性はある程度軽減されていた。この点から、本ケースでは比較的マイナーな技術ロジックが正当化要素として活用されたことで、事業ロジックや安全ロジックとの整合性が高まり、イノベーションが生まれたと推察できる。

(3) JR 九州での自動運転の実現

ATS-DK を導入した JR 九州は 2011 年の鹿児島本線小倉～博多間での使用開始を皮切りに、2016 年に 57 条対応箇所の整備が完了している (Miura, 2014; JR Kyushu, 2017)。そして、2017 年から自動運転の検討を開始した。2020 年には香椎線一部 (西戸崎～香椎)、2022 年には香椎線全線 (西戸崎～宇美) にて実証実験を行い、第三者委員会による評価や行政手続きを経た 2024 年から香椎線で GOA2.5 の自動運転を開始した (Aoyagi & Mizoguchi, 2024)。ここで、GOA2.5 とは運転士ではなく、緊急停止操作などを行う係員が列車前頭に乗務する形の自動運転である (表 2)。つまり、列車の運転免許を持たない係員の乗務でよく、運転

士の育成コストが不要となる。

表 2 鉄道の運転形態と自動化レベル

自動化レベル	乗務形態	国内の導入状況
GOA 0：目視運転	運転士（及び車掌）	路面電車
GOA 1：非自動運転		踏切道があるなどの一般的な路線
GOA 2：半自動運転	運転士（列車起動、緊急停止操作、避難誘導）	一部の地下鉄など
GOA 2.5：緊急停止操作などを行う係員付き自動運転	列車の前頭に乗務する GOA2.5 係員（緊急停止、避難誘導）	JR 九州香椎線
GOA 3：添乗員付き自動運転	列車に乗務する係員（避難誘導）	一部のモ／ルール
GOA 4：自動運転	係員の乗務なし	一部の新交通など

出所）MLIT（2022）を参考に筆者作成

Koga（2024）、Mizuma（2017）によると、そもそも鉄道の自動運転自体は GOA4 ですら世界中で広く普及している技術である。自動運転技術の国際標準も 2001 年から議論が始まり、IEC62267 として 2008 年には制定されている。繰り返すが、GOA2.5 は日本独自の規格であり、IEC62267 には規定されていない。冒頭で指摘したように、自動運転は半世紀前に日本でも誕生したのにも関わらず、なぜ海外の後塵を拝すことになったのか。

Koga（2024）では、日本では海外と異なり“ベストエフォートという考え方が受け入れられない極めて高いレベルの安全に対する要求と重い社会的責任を担いつつ、私企業として大量旅客公共輸送の安価で持続可能なサービスを担っている”ためと指摘する。実際に国交省令第 58 条では、ATO には ATS 以上に保安度のある ATC を設けなければならないとされていた。ATC は装置側が地上装置からの信号や速度情報を元にして人に優先して自動的にブレーキ制御を行い、地上装置と車上装置間で交換される情報は ATS よりも段違いに多いなど、保安度の高いシステムである（Mizuma, 2017; Nakamura, 2014）。あくまで信号機に付随して信号現示を地上子から車上装置に送信する ATS とは導入コストも大きく異なり、JR 九州の在来線でも未導入である（Shiga et al. 2021）。さらに、人間などが容易に立ち入れない踏切道がないことや高架構造であること、駅にホームドアがあることなどの要件もあり、一般的な地方鉄道では費用対効果に見合わない（MLIT, 2022）。つまり、マクロ的な制度レベルに、強力な安全ロジック、それに基づく規制ロジックが存在していたことになる。

しかし、国内での少子高齢化、生産年齢人口の減少で風向きが変わり、鉄道業界でも鉄道ネットワークの維持のため、制度（マクロ）・組織（メゾ）で作業の自動化、機械化が積極的に検討される環境になった。その中で JR 九州では、大規模なインフラ投資を避けた既存設備を活用する自動運転が議論されるようになった（Shiga et al. 2021）。そこで白羽の矢が立ったのが、ATS-DK である。2017 年から連続速度照査が可能な ATS-DK の機能に加えて、本来は非保安装置であった ATO を保安装置レベルのフェールセーフ⁶装置にまで昇華させた FS-ATO を開発し、その組み合わせで ATC 同等の安全性を確保できないか検討を開始した（Aoyagi & Mizoguchi, 2024; Shiga et al. 2021）。なお、研究・開発には、前回同様に総研・日信が関わっている。そして、2018 年には他鉄道事業者を含めた「無人運転検討準備委員

⁶ フェールセーフは、装置不具合などが発生しても常に安全側に動作させることを指す。

会」が組織され、同年中には国交省に「鉄道における自動運転検討会」を設置して、GOA2.5 が議論された (Koga, 2024)。この議論において、パターン制御式 ATS と保安機能を付加した高機能 ATO を組み合わせることで、運転士ではなく緊急停止操作、避難誘導を行う係員を前頭乗務させる GOA2.5 が定義され、2024 年 3 月に国交省令第 58 条の改正に至る。

2 次資料では、FS-ATO の技術があったから GOA2.5 が議論されたのか、その逆なのかは読み解けない。しかし、いずれにしてもそれまではさほど重要度の高くなかった少子高齢化に伴う社会情勢、世界的な鉄道の自動運転技術の標準化の潮流、つまりマクロレベルでマイナーだった社会ロジックの変化が岩盤的な安全ロジック・規制ロジックの変化をもたらしたと言えよう。加えて、FS-ATO の実現可能性があったことも GOA2.5 の後押しになったと推察できる。このようにイノベーションには、マクロレベルでも比較的マイナーである技術ロジックの変化、つまり FS-ATO の実現性が正当化要因になっていたと考えられる。

GOA2.5 の定義により、南海電気鉄道や JR 西日本などの他鉄道事業者でも実証実験が進められ、今後の自動運転の拡大が期待される (Koga, 2024)。その点において、JR 九州の果たした役割は大きい、長期的な成功を掴めるかはまだ定かではない。Aoyagi and Mizoguchi (2024) によれば、香椎線の自動運転化には既存地上子に加え、約 240 個の地上子を増設する必要があったと報告しており、GOA2.5 の拡大には相応のコストが伴うことがわかった。そのため、JR 九州はむしろ FS-ATO を活用した GOA2.0 の自動運転支援装置の実証に注力している。自動運転支援装置は、運転士の負担軽減を目的とし、既存地上子のみを活用することで導入コストの抑制を図ろうとしている。また GOA2.5 によって運転士の育成コストは低減可能であるものの、依然として係員であっても人の乗務は必要である。これを踏まえれば、現状の FS-ATO による GOA2.5 の自動運転は、導入・保守コストの面で事業ロジックと整合しなかったことが推察される。

ここまでの JR 九州の状況を制度ロジックで整理すると、上述のとおり、マクロレベルで社会ロジックの変化を受け、呼応する形で自動化技術の導入が模索された。その中で大規模なインフラ投資を避けつつ既存設備を活用する方針を採り、総研・日信と連携して既存技術を活用した FS-ATO を開発するという技術ロジックを用いた正当化を行った。このイノベーションは最終的にマクロレベルの安全ロジックや規制ロジックの変化を促す契機となった。しかし、あくまで規制対応であった ATS-DK 導入時と異なり、イノベーションの不確実性は大きく、事業ロジックとの整合性を調整する難易度は高かったため、実用化局面でコストや運転士運用の課題が浮き彫りとなったと推察される。このように、制度ロジックの変化がもたらしたイノベーションが、最終的に事業ロジックに適合できるかどうかは、依然として不確実性を伴う状況である。とは言え、GOA2.5 の意義は大きく、今後の展開が期待される。

4. まとめと議論

本研究では、JR 九州の ATS から自動運転に至るイノベーションを制度ロジック多元性の観点から分析を行った。結果を整理すると、ATS-DK 導入のケースでは、マクロレベルの

強制的な制度変化に対して、既存技術を活用してリスクを最小化しつつ、制度に適応する形で新型 ATS の導入というイノベーションを成し遂げたと言える。ここでキーとなるのは、技術ロジックであり、総研・日信がある程度確立していた技術を盾のように利用し、防衛的な対応を行ったと言える。いわば既存技術適応的なイノベーションだったと言えるだろう。次に、自動運転導入のケースでは、マクロレベルの制度ロジックが揺らぐ中、メゾレベルでは既存技術を再解釈したイノベーションで、マクロレベルの制度ロジックの変化を達成した。やはりキーは技術ロジックであり、ATS での自動運転の実現というアイデアを達成するために、ある程度確立した技術を矛のように利用し、積極的に変化を仕掛けたと言える。いわば実験変革的なイノベーションだったと言えるだろう。

表 3 制度変化の対応と方向マトリックス

		制度変化への対応	
		防衛的	攻撃的
制度変化の方向	明確	✓ 既存技術適応型 強制的な制度変化に既存技術で対応	✓ 制度主導型 制度変更を先読みして技術や組織を変革
	不明確	✓ 選択的適応型 どちらに転んでも対応できるよう適応戦略を準備	✓ 実験変革型 制度変化の揺らぎを利用し、新技術や新市場の創出を狙う

出所) 筆者作成

ここまでの検討から、制度変化への対応（防衛的・攻撃的）、制度変化の方向（明確・不明確）のマトリックスで、イノベーションの性質を説明できる可能性がある（表 3）。すなわち、ATS-DK 導入時は、制度変化への対応が防衛的・制度変化の方向が明確な既存技術適応型、自動運転導入時は、同様に攻撃的・不明確な実験変革型のイノベーションなどである。もちろん、適用範囲や有効性はさらなる分析は必要だが、イノベーションはニーズとシーズのマッチングで起こりうるものであり、ニーズの揺らぎに対するシーズの使い方が成否に関わることは言うまでもない。このように制度ロジック観点で捉えなおせば、新たなブレイクスルーが見つかるかもしれない。

本稿は 2 次資料をベースに論を進めたが、今後の展開としては、やはりミクロレベルへのフォーカスが考えられる。本件の関係者へのインタビューなどを通して、マクロ・メゾレベルの制度ロジックの変化がミクロレベルの個人の意思決定にどう影響を及ぼしたのか調査を進めたい。特に制度ロジックに揺らぎのあるフェーズでは、ゴミ箱モデルなどの不確実な状況での意思決定理論を用いた説明可能性がある。今後も研究を進め、新制度派組織論、イノベーション理論、意思決定理論などを通じ組織の意思決定の性質を探究したい。

References

- Aoyagi, T., & Mizoguchi, S. (2024). JR Kyushu niokeru zido-untensyaryo donyu nitsuite [Introduction of automated vehicles by JR Kyushu]. *JR gazette*, 82 (9), 30-35 (in Japanese).
- Arai, H., Manabe, K., & Sato, K. (2007). Development of Basic System on ATS-X with Continuous Surveillance Pattern. *Quarterly Report of RTRI*, 48 (2), 89-93. <https://doi.org/10.2219/rtriqr.48.89>
- Besharov, M. L., & Smith, W. K. (2014). Multiple Institutional Logics in Organizations: Explaining Their Varied Nature and Implications. *Academy of Management Review*, 39 (3), 364-381. <https://doi.org/10.5465/amr.2011.0431>
- DiMaggio, P., & Powell, W. (1983). The Iron Caged Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48 (2), 147-160.
- Friedland, R., & Alford, R. R. (1991). Bringing society back in: Symbols, practice and institutional contradictions In W. W. Powell & P. J. DiMaggio (Eds.), *The new institutionalism in organizational analysis* (pp.232-263). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Funatsu, S. (2019). Seido logic tagenseika niokeru soshiki no innovation management: bunken tyosa nimotozuku riron kenkyu [Organizational Innovation Management under Institutional Logic Multiplicity: Theoretical Study based on the Literature Review]. *Akamon Management Review*, 18 (4), 117-146 (In Japanese). <https://doi.org/10.14955/amr.0180928a>
- Funatsu, S. (2020). Seido logic tagenseika nioite kagaku to jigyo wo ryoritsu saseru soshiki no taio - sangaku renkei project wo daizai toshita zirei kenkyu- [Organizational Responses to Coexistence of Science and Business under the Multiplicity of Institutional Logic: The Case Study of an Academic-Industrial Partnership]. *Organizational Science*, 54 (2), 48-61 (In Japanese). https://doi.org/10.11207/soshikikagaku.54.2_48
- Hiraguri, S. (2017). Ressya seigyo system no doko to syorai [Trends and future of train control systems]. *RRR*, 74 (1), 4-7 (In Japanese).
- Inoue, Y. (2011). Seidoka sareta shinseidoha-soshikiron [Institutionalized New Institutionalism in Organizational Theories]. *Journal of Information and Management*, 31 (3), 81-93. https://doi.org/10.20627/jsim.31.3_81
- Japan Railway Electrical Engineering Association [JREEA]. (2024). Gijyutsu-kijyun-syorei no tsutatsu no kaisei ni tsuite [News about Technical Standards] (In Japanese). Retrieved 2025/1/26 from <https://www.rail-e.or.jp/news/%E3%80%90%E4%BC%9A%E5%93%A1%E5%90%91%E3%81%91%E3%80%91%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%9F%BA%E6%BA%96%E7%9C%81%E4%BB%A4%E3%81%AE%E9%80%9A%E9%81%94%E3%81%AE%E6%94%B9%E6%AD%A3%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6>
- Koga, T. (2024). Hito ni yasashii kidokotsu-zidoka-gijyutsu [People-friendly automated rail transit technology]. *Dai 37 kai tetsudou-souken kouenkai youshi [37th RTRI Lecture]*, 1-6 (in Japanese).
- Kyushu Railway Company [JR Kyushu]. (2017). Kyushu Railway Company Annual Safety Report (in

- Japanese). Retrieved 2025/1/31 from https://www.jrkyushu.co.jp/company/esg/safety/pdf/2017_anzen.pdf
- Kyushu Railway Company [JR Kyushu]. (2024a). 2024 nen 3 gatsu 6 nichi yori futatsuno zido-untten wo kaishi shimasu ! [Two "autonomous driving" will begin on March 16, 2024] (in Japanese). Retrieved 2025/1/26 from https://www.jrkyushu.co.jp/news/_icsFiles/afieldfile/2024/02/22/240222_jidouuntten_2.5_2.0.pdf
- Kyushu Railway Company [JR Kyushu]. (2024b). JR Kyushu Group Integrated Report (in Japanese). Retrieved 2025/1/31 from https://www.jrkyushu.co.jp/company/ir/library/integrated_report/pdf/2024_ir_J.pdf
- Matsushima, N., & Urano, M. (2015). Innovation wo sosyutsu suru seido no hataraki [Institution Works on the Innovational Work] In K. Kuwada, N. Matsushima, & M. Takahashi (Eds.), Seidoteki kigyouka [Institutional Entrepreneurship] (pp.55-84). Nakanishiya Syuppan (In Japanese).
- Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. *American Journal of Sociology*, 83 (2), 340–363.
- Ministry of Land, Infrastructure and Tourism [MLIT]. (n.d). Tetsukido-yuso no anzen nikakawaru jyoho no kohyo nitsuite [Publication of information related to rail transport safety] (in Japanese). Retrieved 2025/1/31 from https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk8_000001.html
- Ministry of Land, Infrastructure and Tourism [MLIT]. (2022). Tetsudo niokeru zido-untten-gijyutsu-kentakai torimatome [Summary of the Study Group on Automated Driving Technology for Railways] (in Japanese). Retrieved 2025/1/31 from <https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001512132.pdf>
- Miura, Y. (2014). Ressya-untten-toriatsukai to singo-hoan system(27) -JR Kyushu ni okeru ATS-DK no donyu keii- [Train Operation and Signaling Systems (27) The Introduction of ATS-DK in JR Kyushu]. *Unten Kyokai Shi*, 56 (3), 32-35 (in Japanese).
- Mizuma, T. (2017). Tetsudo ni okeru zido-untten no rekishi to kongo [History and Future Trend of Automated Train Operation on Railway]. *Journal of The Society of Instrument and Control Engineers*, 56 (2), 93-98 (In Japanese). <https://doi.org/10.11499/sicejl.56.93>
- Nakamura, H. (2014). Tetsudo no unkou system ni okeru jyohosyori-gijyutu no doko: Tetsudo-shingo system no kakushin [Recent Trends of ICT Application to Railway Operation and Signaling Systems : The Innovation of Railway Signaling Systems]. *Journal of Information Processing Society of Japan*, 55 (3), 268-276 (In Japanese).
- Orihara, K., Saito, Y., Nakamura, H., & Oshitate, T. (2017). Tetsudo shingo niokeru anzen-sei shinraisei gijyutu no hensen [Traditional of the Safety and Reliability Techniques in Railway Signal], *The Journal of Reliability Engineering Association of Japan*, 39 (4), 191-199 (In Japanese). https://doi.org/10.11348/raejshinrai.39.4_191
- Oshitate, T. (2016). Wagakuni tetsudo no ATS no rekishi to kaizen no keizoku nitsuite [About

- continuation of history and the improvement of the ATS of our country railway]. *Shingou Kougyou Kyoukai Kaihou*, 38 (1), 6-13 (In Japanese).
- Perkmann, M., McKelvey, M., & Philips, N. (2018). Protecting scientists from Gordon Gekko: How organizations use hybrid spaces to engage with multiple institutional logics. *Organization Science*, 30 (2), 298-318.
- Sato, I. (2003). Seido-koyu no logic kara “portfolio senryaku” he [From institutional logic to "portfolio strategy"]. *Organizational Science*, 36 (3), 4-17 (in Japanese). <https://doi.org/10.11207/soshikikagaku.20220730-60>
- Shiga, Y., Kunihiro, M., Matsumoto, W., Tajima, Y., Morita, S., Hosokawa, K., Uchida, T., & Fujita, H. (2021). ATS-DK wo base toshita zido-unten system no kaihatsu [Development of an automated driving system based on ATS-DK]. *Railway & electrical engineering*, 32 (7), 11-18 (in Japanese).
- Takeishi, A., Aoshima, Y., & Karube, M. (2012). *Innovation no riyu : shigen-doin no sozoteki seitoka* [Reasons for Innovation : Creating Legitimacy for Resource Mobilization]. Yuhikaku (in Japanese).
- Thornton, P. H., Ocasio, W., & Lounsbury, M. (2012). The institutional logics perspective: A new approach to culture, structure, and process. Oxford, UK: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199601936.001.0001>
- Uenishi, S. (2014). Gorisei no konkyo toshiten seido: shinseidoha-soshikiron no ishizue tonatta gyoseki nikansuru ichi-kousatsu [Institutionalized Beliefs as the Basis for Rationality : Focusing on the Foundations of New Institutionalism of Organizational Studies]. *Kyushu Sangyo University Business Review*, 24 (3), 1-14 (In Japanese).
- Utterback, J. M., & Abernathy, W. J. (1975). A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 3 (6), 639-656. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(75\)90068-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(75)90068-7)
- Wakuta, Y. (2015). Shinseidoha soshikiron no igi to kadai [The significance and issues of new institutionalism in organizational theory]. *Mitsuyogaku kenkyu*, 58 (2), 227-237 (in Japanese).
- Yamada, M. (2003). Kochikusyugiteki-soshikikan no kanata ni -syakaigakuteki-soshikikenkyu no kakushin- [Beyond the constructivist view of organization: Innovation in sociological organization research]. *Organizational Science*, 36 (3), 46-58. <https://doi.org/10.11207/soshikikagaku.20220730-63>
- Yasuda, T., & Takahashi, N. (2007). Dokeika mechanism to seitosei [Isomorphism Mechanism and Legitimacy]. *Akamon Management Review*, 6 (9), 425-432 (In Japanese). <https://doi.org/10.14955/amr.060903>
- Yasui, S., Iwaki, Y., & Sato, K. (2011). JR, Mintetsu no ATS(4) -JR Kyushu no ATS- [JR and private railway ATS (4) -JR Kyushu ATS-]. *Railway & Electrical Engineering*, 22, 70-75 (in Japanese).

Analysis of Railway Innovation from the Perspective of Institutional Logic:

A study on the evolution from Automatic Train Protection to Automatic Train Operation

Ryosuke ANDO

Nagasaki University / Kagoshima University

ryosukeando@leh.kagoshima-u.ac.jp

Abstract: This study analyzes the development of Automatic Train Operation (ATO) based on the Automatic Train Protection (ATP) system in the railway industry from the perspective of institutional logic multiplicity. Specifically, it examines how Kyushu Railway Company (JR Kyushu) became the first in the world to introduce GOA2.5 automatic operation, using the framework of new institutional organization theory. The railway industry operates at the intersection of multiple institutional logics, including business logic that prioritizes economic efficiency, safety logic that emphasizes accident prevention, and regulatory logic that ensures legal compliance. This study highlights how JR Kyushu leveraged ATP-based systems to balance safety and cost-effectiveness while promoting regulatory changes to facilitate automatic operation. The analysis reveals that shifts in institutional logic can drive technological innovation, ultimately influencing macro-level institutional environments. This study contributes to understanding innovation processes in the railway industry through the lens of institutional logic and offers implications for other regulated industries.

Keywords: institutional logic, innovation management, Automatic Train Operation, Automatic Train Protection, Kyushu Railway Company