

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20241039

研究課題名（和文）人の認知・判断特性を踏まえたシステム安全のための技術的支援と法理論

研究課題名（英文） Assistance functions and legal theory for systems safety in light of human characteristics on cognition and decision making

研究代表者

稲垣 敏之（INAGAKI TOSHIYUKI）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：60134219

研究成果の概要（和文）：

本研究は、人の認知・判断・操作の特性と交通移動体の特徴を踏まえた多層リスク制御技術の開発と過失に関わる新しい法理論の提案を目的とするものである。そのために、①ヒューマンファクター、②権限と責任、③技術的支援の三つの研究アスペクトを設け、高度技術システムへの過信と過度の依存を解析・表現する基盤理論の構築、システム設計のあり方に関する刑事法学的検討、多層リスク制御機構の基盤要素技術開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to develop multi-layered risk control systems and a new legal theory for analyzing negligence that sometimes occurs due to mismatches between humans and advanced technology. Three research units (viz., the human factors research unit, the authority and responsibility research unit, and the technological assistance research unit) are defined to develop (1) basic theories for analyzing overtrust in and overreliance on advanced technology, (2) a new legal framework for evaluating technological designs, and (3) methods for implementing multi-layered risk control systems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	13,900,000	4,170,000	18,070,000
2009年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2010年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2011年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
総計	38,200,000	11,460,000	49,660,000

研究分野：人間機械共生系

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：システム安全・ヒューマンファクター・権限と責任・人間機械協調・刑事過失責任・多層的リスク制御・低覚醒状態検出・動作認識

1. 研究開始当初の背景

(1) 交通移動体の事故では、一般に過失の有無が問題となる。過失とは、法律が要求している注意に反するという意味での不注意（注

意義務違反）であり、行為者の「結果予見義務」と「結果回避義務」とから成る。「意識を集中しておれば結果の発生を予見でき、その予見に基づいて結果の発生を回避できたはず

であるが、意識の集中を欠いたために結果を予見せず、結果を回避できなかつた」ならば、過失責任が問われる。しかし、過失をめぐっては、「不注意で結果を予見しなかつたことに過失の本質がある」とする旧過失論、「結果の予見可能性があつたとしても結果回避義務を果たしている限りは過失犯が成立しない」とする新過失論、具体的な結果の予見可能性は要求せず、「何かよくないことが起こるかもしれない」といった漠然とした危惧感があるなかで、その危惧感を払拭する結果回避措置をとらなかつたなら過失犯が成立する」と考える新・新過失論など、視点を異にする学説があつて相互に対立が見られる。

(2) 人間機械系分野では、事故を未然防止できなかつた理由を「状況認識が適切でなかつた点」に求めることがある。ここでいう状況認識には三つのレベルが定義される。何らかの異常が起こっていることに気づく「レベル1の状況認識」、その原因が何であるかが分かる「レベル2の状況認識」、今後の事態の推移の予測ができる「レベル3の状況認識」である。

(3) 交通移動体の高速化は状況認識に許される時間を短くしているだけでなく、制御システムの高機能化・高度自律化はある意味でシステムのブラックボックス化をもたらし、異常知覚（レベル1の状況認識の確保）を難しくするだけでなく、異常原因の特定（レベル2の状況認識の確保）も困難なものにしている。このことは、高度自動化が進んだ交通移動体では、レベル3の状況認識の確保、すなわち「結果予見」が本質的に難しいものであることを示している。また、交通移動体には、状況認識（結果予測）や意思決定・行動（結果回避）の難易に本質的な相違があり、運転者支援技術の設計のあり方や法的責任の問い方は一律とはなりえないこと（領域依存性）にも注意が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、人の認知・判断・操作の特性と交通移動体の特徴を踏まえた多層リスク制御技術の開発と過失に関わる新しい法理論の提案を目的とするものである。特に、高度技術システムの本格導入が目前に迫っている自動車については、人の認知・判断・操作の能力とその限界を踏まえた、情報提示、注意喚起、警報提示、制御介入の4層からなる多層リスク制御技術を構築し、有効性評価を行う。同時に、人の認知・判断・操作特性ならびに背景にある技術システムの諸問題と関連させながら、交通移動体の事故における過失の認定に関する旧過失論、新過失論、新・新過失論の問題点を明らかにし、高度技

術を背景とするシステム性事故の特質を考慮した刑事法的過失論とそれを具現化する機能的安全法制を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、「ヒューマンファクター」、「権限と責任」、「技術的支援」の三つの研究アスペクトを設け、アスペクト内での研究推進と、アスペクト間でのニーズとシーズの相互提供を基軸にすることで視点・方法論・対象交通モードが異なる研究者による連携融合研究を進め、交通移動体の高機能化がもたらす特徴を踏まえた技術的支援としての多層リスク制御技術と、人の認知・判断特性に配慮した法理論およびそれを具現する機能的安全法制を構築する。

4. 研究成果

各研究アスペクトにおいて得られた成果を年度ごとに述べる。

(1) ヒューマンファクター研究アスペクト

① 平成20年度は、交通移動体（航空機、自動車、鉄道）の特性、高度自動化システム、運転者の認知・判断特性を対比させながら状況認識の難しさを明らかにした。特に、高度技術システムの導入が急激に進んでいるものの、ユーザーがそれらのシステムに関する知識・技量を十分に持ち合わせていることを仮定できない自動車の場合を取り上げ、運転者への情報支援・判断支援がリスク補償行動に及ぼす影響を実験的に検証した。

② 平成21年度は、状況認識の三つのレベルの交通移動体依存性を記述するための分類を行ったうえで、高度技術に基盤を置く運転支援システムへの運転者・操縦者の「過信」と「過度の依存」を解析・表現するための基盤理論を開発した。この基盤理論により、「運転支援システムの導入は過信を招くか？」という懸念や問いかけに対する精密な理論展開が可能であることを明らかにした。また、情報提示の方式とリスク補償現象の関連を認知心理学実験によって明らかにした。

③ 平成22年度は、運転支援システムへの運転者の過信および過度の依存の起こりやすさは、その支援システムが緊急時に使用されるものか、平時に使用されるものかによって大きく異なること（システム依存性）と、過信および過度の依存を引き起こす要因となる認知心理学的特性を明らかにした。また、運転者に対して「わずらわしい」という感情・印象を惹起しないようにするための注意誘導情報提示のあり方と、安全に関わる情報を音声で与えたときの視覚的注意に及ぼす影響などをシミュレータを用いた実験によって解析・評価した。

④ 平成 23 年度は、高度技術を用いた運転支援システムと運転者・操縦者との相互作用としての過信ならびに過度の依存を抑制あるいは防止するために支援システム設計が満たすべき要件を明らかにした。また、運転支援が運転者に及ぼす影響を明らかにすべく、リスク・ホメオスタシス説とワークロード・ホメオスタシス説の比較検討を行った。

(2) 権限と責任研究アспект

① 平成20年度は、システム性事故の刑事責任を問う根拠を明確にするため、従来の刑事過失理論の学説史を整理し、結果予見可能性を責任判断の対象とすることの意義を検討した。さらに、運転者が直面した状況において、不可欠な行為、禁止行為、そのいずれでもない行為に分類し、交通環境と運転者の行動の双方をモニタリングできる技術システムがあった場合を想定し、人と機械の間での安全確保に関わる権限の所在に関する理論的考察を行った。

② 平成 21 年度は、システム性事故における刑事過失責任を問う根拠について、過失の構成要素である予見可能性と結果回避可能性の関係を分析した。また、ヒューマンエラー事故における調査と操作の問題、過失論、責任者の処罰等に関する問題を、「公正な文化 (Just culture)」の観点から考察した。さらに、高度技術システムに対する信頼が嵩じて過信に至り、その上でシステムへの過度の依存が生じたとき、運転者・操縦者がなすべき行為をしない、あるいはすべきでない行為をするといった誤りを犯していることが技術的に検知されたとき、安全確保のための制御を機械の判断で行ってよいか否かを考察するための基本的枠組みを構築した。

③ 平成 22 年度は、交通移動体の事故事例をもとに、システム性事故における刑事過失責任の根拠を「状況認識の不適切」に求める問題について、従来の責任要件では不十分であることを明らかにし、責任根拠の明確化を試みた。特に、高度技術に基盤をおく運転支援システムを例にとり、システム設計のあり方について、刑事法学的な論点整理を行った。さらに、運転者・操縦者がなすべき行為をしない、あるいはすべきでない行為をするといった誤りを犯していることが検知されたとき、安全確保のための制御の実行権限を人から機械へ移してよいこと、しかもその権限委譲は機械の判断で行ってよいことを確率的に証明した。

④ 平成 23 年度は、交通移動体の運転支援シ

ステムと運転者・操縦者との相互作用の文脈のなかでの過失認定をめぐる現行法理論の問題点と課題を明らかにし、人と高度技術システムが複雑に絡み合うシステム性事故における人間のエラーを法的な側面から検討する際に、英米法や大陸法など法思想の異なる国との比較を通して我が国の刑事責任のあり方について考察を進め、システム性事故を真に適切に扱うことができる新しい法理論を検討した。また、運転者が自動車を運転中に心神喪失に陥って事故に至るという「健康起因事故」を軽減・防止するための技術的仕組みにおける権限と責任の所在を論じるための理論的枠組みを構築した。この理論的枠組みは、国交省先進安全自動車推進検討会「安全運転支援システム検討タスクフォース」での議論に用いられた。

(3) 技術的支援研究アспект

① 平成 20 年度は、運転者を撮影した動画像から運転者の動作を認識する手法の開発を目指して動画像からモーションヒストリー画像を構成し、それらから高次局所自己相関特徴を抽出して動作を認識する手法を検討した。また、自動車の車線変更等を例に、行動データに基づく運転者の心的状態実時間推定技術を開発し、シミュレータ実験で有効性を確認した。さらに、交通環境に潜むリスク表示のためのヒューマンインタフェース技術開発として、3次元ヘッドマウントディスプレイによる視覚刺激提示装置と聴覚刺激提示装置を構築し、実験データの収集・蓄積を行った。

② 平成 21 年度は、動画像から行動を認識するための立体高次局所自己相関特徴を局所的な動き属性を扱えるように拡張した立体相関特徴を提案し、行動認識のための評価用動画像データを用いて認識性能の改善を確認するとともに、顔画像からディストラクション状態での車線変更意図推定手法を開発し、着座接触圧からディストラクションにつながる運転者の姿勢・動作を高信頼度で推定する技術を開発した。また、交通環境に潜むリスク出現の不確かさを含むリスク警報による注意感度向上の手段として、視覚的閾下刺激、聴覚的閾下刺激を用いる方法を検討し、その特性を解析・評価した。

③ 平成 22 年度は、運転者のリスク知覚・解釈、判断、操作の一連の仮定を多重防衛的に支援する多層リスク制御機構の基盤要素技術として、運転席に設置されたシートセンサによって計測される荷重分布（着座接触圧）から運転者が低覚醒状態にあるか否かを判定する技術、運転者の視行動にもとづく車線変更意図検出技術、歩行者への衝突を回避す

る自律的安全制御技術，動画像から人の行動を認識する技術を開発し，それらの有効性をシミュレーション実験によって確認した。

④ 平成 23 年度は，着座接触圧から低覚醒状態と注意転導を検出する手法の高精度化，動画像から行動を認識するための手法の認識性能の向上など，平成 22 年度までに開発した諸技術の精度を改善するための研究を中心に据えた。また，視覚的および聴覚的な閾下刺激による注意誘導手法も組込んだ形で多層リスク制御機構を実現する方式を検討し，その機能評価を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 57 件)

① T. Inagaki and T.B. Sheridan (2012). Authority and responsibility in human-machine systems: Probability theoretic validation of machine-initiated trading of authority. *Cognition, Technology & Work*, 14(1), 29-37, 査読有. DOI 10.1007/s10111-011-0193-4

② 池田良彦(2011). 「907 便ニアミス事故最高裁決定(上告棄却)をどう読み解くか」, 航空運航システム研究会会誌 (TFOS Journal) 27, 65-76, 査読有.

③ 伊藤 誠, 飯塚啓司, 稲垣敏之(2011). 覚醒度低下が着座接触圧分布の重心位置変化にもたらす影響. 日本交通科学協議会誌, 10(1), 3-9, 査読有.

④ 高橋宏, 本田博彦(2010). 運転支援への超音波利用の可能性に関する一考察. 電気学会論文誌 C, 130(9), 1636-1643, 査読有. DOI:http://dx.doi.org/10.1541/ieejieiss.130.1636

⑤ 西田健次, 栗田多喜夫 (2009). 歩行者検出のための局所識別器の Boosting による選択的統合, 電気学会論文誌 [C], 129(3), 512-521, 査読有. DOI:http://dx.doi.org/10.1541/ieejieiss.129.512

⑥ 増田貴之, 芳賀繁(2008). 自動車運転支援システム導入に伴う負の適応. 自動車技術, 62(12), 16-21, 査読有.

[学会発表] (計 97 件)

① M. Itoh, T. Horikome, T. Inagaki (2011). Design and evaluation of situation-adaptive pedestrian-vehicle collision avoidance system, IEEE SMC Conference, October 9-12, Anchorage, Alaska, USA.

② M. Itoh, T. Horikome, T. Inagaki (2010). Effectiveness and driver acceptance of a semi-autonomous forward obstacle

collision avoidance system. HFES Annual Meeting, September 27-October 1, San Francisco, USA.

③ H. Zhou, M. Itoh, and T. Inagaki, (2009). Effects of cognitive distraction on checking traffic conditions for changing lanes. HFES 53rd Annual Meeting October 19-23, San Antonio, Texas, USA.

④ S. Fischer, M. Itoh, and T. Inagaki (2009). A cognitive schema approach to diagnose intuitive use. Application to onboard computers,” 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (Automotive UI 2009), 21 - 22 September, Essen, Germany.

⑤ H. Zhou, M. Itoh, and T. Inagaki (2008). Influence of cognitive distraction on driver's eye movement during preparation of changing lanes. SICE Annual Conference, August 20-22, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.

[図書] (計 17 件)

① T. Inagaki, “To what extent may assistance systems correct and prevent ‘erroneous’ behaviour of the driver?,” In P.C. Cacciabue et al (eds.), *Human Modelling in Assisted Transportation*. Springer, Milan, pp 33-41, 2011.

② 稲垣敏之, 「リスクを見つけて制御する」, 鈴木勉編著, リスク工学概論, 第 1 章 (pp. 1-20), コロナ社, 2009.

③ 稲垣敏之, 「人と高度技術システムのミスマッチ」, 鈴木勉編著, リスク工学概論, 第 5 章 (pp. 84-103), コロナ社, 2009.

[その他]

(1) 主な基調講演・招待講演

① 稲垣敏之, 「これからのドライバ主権のありかたと運転支援システムへの過信と依存」(招待講演), 自動車技術会シンポジウム「ドライバーの特性評価・理解に基づく自動車開発の取り組みと展望」, 2011 年 11 月 11 日

② 池田良彦, 「ヒューマンエラーと過失責任」, 電子情報通信学会技術研究報告 111(221), 13-16 (招待講演)

③ 芳賀繁, 「ヒューマンエラーは裁けるか: ヒューマンファクターからみた医療過誤と事故調査のあり方」, 日本予防医学リスクマネジメント学会第 9 回学術総会 (招待講演)

④ T. Inagaki, “Technological and legal

considerations for the design of interactions between human driver and advanced driver assistance systems,” 2011 NeTWork workshop on control and accountability in highly automated systems, Toulouse, France, Sept 30, 2011 (招待講演)。

- ⑤ T. Inagaki, “To what extent may assistance systems correct and prevent ‘erroneous’ behaviour of the driver?,” 1st HMAT Workshop, Belgirate, Italy, July 1, 2010 (基調講演)。
- ⑥ 稲垣敏之, 「システム化・自動化の進展と人間の役割」(基調講演), 東日本旅客鉄道株式会社第 16 回 R&D シンポジウム, 2009 年 11 月 16 日。
- ⑦ 稲垣敏之, 「ITS における安全と安心のための HMI」(特別講演), ITS 情報通信システムシンポジウム, 2009 年 6 月 30 日, 霞が関プラザホール。
- ⑧ 稲垣敏之, 「交通移動体の安全と安心—人間中心の自動化の視点から」, (基調講演), 日本交通科学協議会第 45 回学術講演会, 2009 年 5 月 30 日, 玉川大学。

(2) 受賞

- ① 日本交通科学協議会 優秀論文賞 (2008 年 5 月)「認知的負荷による運転への注意低下の検出」(伊藤誠, 稲垣敏之)
- ② 電子情報通信学会フェロー (2008 年 9 月)「人と機械の協調に基づくシステムの安全制御に関する研究」(稲垣敏之)

(3) アウトリーチ

本研究成果の社会還元のひとつとして, 「システム安全における人と技術と法」と題するシンポジウムを企画・開催 (2011 年 10 月 6 日) し, 交通移動体の高機能化がもたらす特徴を踏まえた技術的支援としての多層リスク制御技術と, 人の認知・判断・操作の特性に配慮した法理論とそれを具現する機能的な安全法制の必要性・有用性を広く一般に伝えるとともに, 今後の研究が目指すべき課題について, 約 100 名のシンポジウム参加者を交えて討議した。

(4) ホームページ

<http://www.risk.tsukuba.ac.jp/~inagaki/coagency.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲垣 敏之 (INAGAKI TOSHIYUKI)
筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号: 60134219

(2) 研究分担者

伊藤 誠 (ITO H MAKOTO)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号: 00282343
池田 良彦 (IKEDA YOSHIHIKO)
東海大学・法学部・教授
研究者番号: 60212792
芳賀 繁 (HAGA SHIGERU)
立教大学・現代心理学部・教授
研究者番号: 10281544
栗田 多喜男 (KURITA TAKIO)
広島大学・工学研究科・教授
研究者番号: 10356941
高橋 宏 (TAKAHASHI HIROSHI)
湘南工科大学・工学部・教授
研究者番号: 80454156