

第 109 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録

- ◎ 件 名 第 108 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録
- ◎ 日 時 令和 12 月 9 日（金）15:30-17:35
- ◎ 出席者 21 名（非会員含む）

各位

日本大学	高橋			G・O・P 株式会社	清水
大同信号	吉富			大同信号	阿久根
	布施				
北陽電機	竹内			JR 東日本	川野
海洋研究開発機構	眞砂			海上・港湾・航空 技術研究所	柚井
有人宇宙システム	野本			日本ヒューマン ファクター研究所	
	酒見				
東京理科大学				長岡技術科学大学	
株式会社コア	黒川			コレムラ技研	
西日本電気テック				村田機械株式会社	今枝
電通国際情報サービス	齊藤				
ピルツジャパン	リジベル			ピルツジャパン	杉原
	日比野				

I 講演「安全学と鉄道信号分野における安全性技術」(福田) 抜粋

- 安全学とは、安全に関する技術的側面、人間的側面、組織的側面を合法的、合理的、かつ、ひとの理解と納得をえて、統一・統合化した学問体系。
- 2021年10月より、日本信頼性学会の研究会として安全学研究会の活動を開始した。
- 安全学研究会には、大学、研究機関、鉄道事業者を含む民間企業など40名弱のメンバーが参加している。
- 安全の技術は今まで個々の分野に特化した技術として発展してきたため、他の分野で活用することが難しかったが、これを体系化し、各分野で共通の議論ができるようにするため安全学が提唱されている。
- 安全学研究会の目的は、技術分野・産業分野を横断する形で安全のための技術を継続的に議論し、共有すべき知見や技術を蓄積・活用すること。
- 同研究会の具体的な活動内容は、研究資料のアーカイブ作成、安全技術の共通部分の抽出・整理、概念・用語の対比資料作成などを含む。
- 鉄道システムの安全には、車両、構造物、軌道、環境、列車の進路の制御に加え、作業の要素が含まれる。
- 鉄道信号は、閉そく、ATS、信号現示とポイントの連動などによって、衝突、接触、脱線などを防止している。
- 鉄道信号は、安全性、安定性、効率的な制御を実現することが重要だが、適切なコストでこれを実現するのが難しい。
- 鉄道信号と交通信号機は意味と変化順序が異なる。鉄道は赤、黄、青の順だが、交通信号機は青、黄、赤の順。
- 鉄道の安全な状態とは、列車が停止している、踏切が閉まっている状態であるため、安全側の制御を確実に行うための技術によって安全が確保されている。
- 鉄道安全の領域では、Safety2.0や協調安全などの新しい概念には実務・研究とも至っていない。
- 安全を確保するための鉄道信号技術は時代と共に変わってきた。
- 1800年代後半のボール信号機は故障時にボールが落下した場合、停止信号を出し、安全側に制御することでフェールセーフを実現した。
- 1920年ごろからは電気技術を用いたリレーによる論理が実装され、リレーの故障時にはオフ側に故障し、リレーがオフの時に必ず安全側に制御される(赤信号になる)ように設計された。
- 1985年頃からはME(マイクロエレクトロニクス)技術が導入され、CPUを使った電子回路が使用された。電子部品の故障時の動作が不定であることの解決策として、冗長構成、自己診断、故障検出などのコンピュータの高速処理能力を利用した対策が施された。
- 2重系構成の電子化信号システムは、一方の系が故障したら他方の系に出力を切り替えることで、アベイラビリティを確保している。また、それぞれの系(I系・II系)の中もA系・B系で冗長化されており、安全性を確保している。
- フェールセーフを実現するハードウェアの基本要件として、使用部品の高信頼性、故障モードの明確化、故障の速やかな検出、積極的な故障診断などがある。
- 1990年頃から情報技術が積極的に利用されるようになった。
- タブレット端末や、汎用ボードコンピュータ(ラズベリーパイなど)を保安用途に使用できるようにするためには、新しい安全対策が必要となる(扱い者を含めたフィー

ドバックなど)。

- 列車同士の追突防止のため、列車を制御する方法も時代と共に変わってきた。現在よく使われる手法は、固定的な区間で管理し、走行状態に合わせて区間の長さを変化させる方法。
- 列車への制御指示方法も、色灯信号機から電気信号による情報伝達へと変遷している。
- 列車への制御指示方法も、速度の指示から位置や距離の指示へと変わった。
- 車上に列車のブレーキ性能や勾配などのデータベースを持たせることで、より効率的な制御ができる。
- 列車への制御指示方法にクローズドループと言う考え方がある。
- クローズドループ以前は、列車が指示を受信したことを返信する機能がなかったため、正しい情報を受け取れなかった場合は、停止の指示と判断・制御することで安全を確保していた。
- クローズドループでは、常に通信相手が正常に動作していることを確認しながら制御することで、安全性が向上する。また、列車が自分の走行の位置情報を出し、それを受けて、停止すべき位置などの指示を受け取る。列車の走行状態などに応じた制御指示を行うことも可能であり、より効率的な制御が可能になる。
- クローズドループであれば、停止可否、走行、停止状態を把握可能なため、安全性を向上した上で運行効率も向上できる。
- 絶対安全は存在しないが、日本では「受け入れ可能なリスク」を受け入れられない状況による弊害が生じている。
- シンプルなものを作った方が安全性は向上する。軌道回路は演算や記憶によらず、列車有無の状態を判断できる。

II. 質疑応答（抜粋）

Q1 軌道回路の使い方として、軌道回路を使って連動論理で行くか行かないかを決めると複雑になると思う。GPS を使う論理をメインにして軌道回路をサブで使うようなシステムはできないか？たとえば、自動運転車が LiDAR（ライダー）を使って対象物の位置や形状、距離情報を取得するハイブリッドの制御にすると、既存のシステムにプラスで安全性を追加できるメリットがある。軌道区間内に列車が2台居れば停止するなど単純なシステムができるのでは？

A1 GPS とのハイブリッドではないが、ヨーロッパでは軌道回路と無線によるハイブリッドのシステムがある。ただ、二重設備になることが少し気になる。GPS で作れてしまえばそれで作ってしまった方がよい。一方で、キーになるところに軌道回路を入れてハイブリッドのシステムを作ると、初期立ち上げや異常時の動作をシンプルにすることができるのでよい選択肢だと思う。

Q2 信号機の変遷（安全性）について初めて聞いたので面白かった。自動車だと機能安全規格 ISO26262 があるが、新しいことをやろうとすると機能安全が求められる。産業界では原子力発電所などで機能安全の考え方が入ってきている。鉄道ではどのような状況か？

A2 IEC 61508 ベースとした規格（IEC 62278 とその関連規格）があるが、日本の実情としては、それを使って動いていない。日本では日本独自のやり方で機能安全を実現している。

Q3 冗長性を上げるのは機能安全の考え方であり、自動運転では SOTIF がある。鉄道におい

てもそういうものがあるのか？

A3 設計者レベルやそれをチェックする人は機能安全の考え方を使用している。部分的にはやっているが、組織として誰もが理解しているわけではない。組織全体が正しい理解をする必要があると思う。なかなか理解を得ながら進めるのが難しい状況。フェールセーフロジックなどは目に見えるのでわかりやすいが、コンピュータになって確率論になりわかりづらくなっている。しかし、何とかしようとして動き始めてはいる。

Q4 日本独自のやり方があると聞いたが、世界に負けないように規格ベースでやった方がよいのでは？

A4 メーカーによっては日本向けと海外向けを分けて作っている場合もあり、非効率的である。今後の課題であると思う。

Q5 最近異なる鉄道事業者間の相互乗り入れがよくある。従来の段階的な制御からクローズドループのシステムになっていると聞いたが、異なる事業者で別のシステムを使用しているのか？

A5 ほとんどの会社は2重にシステムを入れている。他社の区間に乗り入れると制御システムを切り替える。インターオペラビリティを実現しているが、車両に搭載するものが増えて効率的ではない。JRになってから、各社が自由に技術を開発できるようになり、色々な技術が採用されている。そのため、他社線に乗り入れする度に、切り替えなければならない。

Q6 絶対安全の呪縛から抜け出せないと思った。止めれば安全という考え方があるが、止めてしまえば必ず安全ではない場合もあると思った。たとえば踏切の中で列車が止まってしまった場合、自動的に停止すると危険な場合もある。数年前、踏切沿線で火災が発生した際、列車が自動的に止まって車両が燃えてしまう事故につながった。

A6 本日は、火災など競合する事象を除外して単純化してお話しさせていただいた。ご指摘いただいた沿線火災のほか、トンネル内で車両火災が発生した場合は、止めれば安全とは限らない。また、踏切が閉まりっぱなしになると、しゃ断かんをくぐって入ってしまう人もでくるので、必ずしも安全とはいえない。

Q7 走行状態を把握してクローズドループ制御をしているときいたが、どのように制御しているのか？また、中央集権型ではなく分散型で制御することもできるのではないのか？

A7 今はほとんどのシステムが中央集権型の制御であるが、資料で示した中間の信号機は中央ではなく現地で分散型制御を行っている。クローズドループの制御の場合、列車自身が自分の位置を認識し、その情報を中央に送信している。中央では全ての列車の位置を把握した後、停止すべき位置を決定して列車に指示している。

Q8 列車間でコミュニケーションさせるということは行っていないのか？

A8 現在そのような研究を行っている。しかし、他列車の位置を特定できないので、列車間のコミュニケーションだけで安全を確保するのは難しいと考えている。また、トラックの隊列走行のように仮想的な連結で運行させる研究がしばしば行われるが、実務的にはあまりメリットがない。

Q9 フェールセーフを実現するための条件として、各部品の信頼性が高いこととある。この理由を教えてください。

A9 同時故障がないという前提のため、個々の部品の信頼性が高いことを必要としている。

III 連絡事項

- ・ 次回は3月17日に総会を開催する。
- ・ 本年度は宿泊型の総会は中止し、ハイブリッド形式で開催する。対面会場は日本大学を予定。講師は調整中。

IV 審議事項

なし

以上