

第 118 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録案

◎ 件 名 第 118 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録

◎ 日 時 令和 6 年 10 月 25 日（金）14:00-17:10

◎ 出席者 17 名（非会員含む）

各位

日本大学	中村			G・O・P 株式会社	清水
	高橋				
	望月				
大同信号				北陽電機	竹内
JR 東日本	川野			東京理科大学	
有人宇宙システム	野本			株式会社コア	
海洋研究開発機構				海上・港湾・航空 技術研究所	柚井
長岡技術科学大学				日本ヒューマン ファクター研究所	
コレムラ技研				西日本電気テック	
村田機械株式会社				しくみデザイン Lab.	齊藤
ナミックス株式会社				ピルツジャパン	太田
					杉原

I 講演 I「」（野本）抜粋

- 本日は、AI とフォーマルメソッドを使って宇宙ステーションの異常の予兆を検知する技術についてお話する。
- フォーマルメソッドは、人工知能の時代になってから使いやすくなった。
- 2001 年に M. W. Lo 氏が発表した論文によると、他の惑星やさらにその先まで飛行したい場合、Lunar L1 を使うと非常に少ない推進（燃料）で移動することができる。
- Lunar L1 (ラグランジュ氏が名付けた均衡点 1) とは無重力点であり、Lunar1-5 までである。
- 380,000km 離れている地球と月の間に 5 つのラグランジュ点が存在する。
- L2 に入れると、L4 や L5 に行くのは容易になり、旅のスケールが大きくなる。
- 地球と太陽の間は 1 億 5 千万 km も離れているため、太陽まで飛行するには大量の推進が必要になる。
- L1 ゲートウェイを足掛かりにして、ラグランジュ点を結んで飛行することによって非常に少ない推進で移動できる。
- 2015 年、米国の人工衛星カッシーニが土星の周囲を回った際、非常に接近してエンカドスから吹き上がる間欠泉の写真を撮影した。
- エンカドスには大量のリンが含まれていることが明らかになった。そこには温泉がある証拠であり、生命体があることを示唆する。
- 惑星探査の安全に関する問題として、大きな通信ディレイがある。火星までは 13 分、土星までは 80 分のディレイがある。
- 通信ディレイに対して機器が使用不能になる前に異常の予兆を検知する必要がある。
- また、惑星探査のもう 1 つの問題は、きわめて長いミッション期間である。土星までは往復 1560 日もかかる。
- 長いミッション期間に対して、機器寿命を長くするため、異常の予兆が出た機器を休ませる必要がある。
- 異常予兆検知は以下の手順で行う。①正常データを機械学習で学習させる。②最新値を予測させる。③予測値と観測値の差が異常予兆の度合いとなる。
- AI を使うと、早い段階（1 ヶ月くらい前）に異常の予兆を検出できた。
- 人間は複数データ（音や匂いなど）の組み合わせから異常予兆を検知している。
- 宇宙ステーションの管制官は、複数データのかたまりの挙動が揺れることで異常を検知する。
- 人間のようにデータの組み合わせで検知させたいが、数百個のデータの組み合わせでの検知は決定論的ロジックでは不可能である。
- 決定論的ロジックの考え方では、各データにしきい値を設けたうえで、複数データの組み合わせで異常と判定しようとする、条件分岐が非常に大きい数（2 の n 乗（n: データの数））になってしまう。
- AI の場合は、複数のデータの組み合わせで、しきい値曲線の左側（正常）か右側（異常）を判定できる。
- AI による予兆検知の例として、映画「2001 年宇宙の旅」に登場する AI マシン HAL が間違った異常予兆検知をした例がある。
- HAL は異常を検知したが、なぜそう予測したのか根拠がわからなかった。そのため、人間とコンピュータの間で不信感が発生した。
- Random Forest はディビジョンツリーのパスに沿って予測を行う。
- 葉の順序 (A⇒B) が重要であり、一番重要なパラメータを一番左に持って行く。
- AI が最適な葉の順序を学習する。
- 木を 1000 本くらい作り、それぞれの木に違うパラメータセットを与えて、学習させる。
- フォーマルメソッドによる予測根拠では、学習データをフォーマルメソッド言語 (Spec TRM) に翻訳して、異なる条件（機器の温度、機器の電流値など）の正常・異常の値のモデルを作成する。
- そのモデルに従って、AI が正常、異常、異常と正常のはざまなど、予測根拠を示して予測結果を通知する。測定値が Not learned（今までに学習していないデータ）である場合は、異常の予兆が検出されたとみなされる。

- 惑星探査には長い通信ディレイ、ミッションタイムの問題があり、異常が起きてからの対応では間に合わないため、異常予兆検知が必要である。
- AI を使わないと大量のデータの組み合わせによる予兆検知はできない。
- AI は予測根拠を示してくれないので、そのまま信じると危険なため、フォーマルメソッドにより予測根拠を示し、説明責任を果たすことが必要である。

II. 講演 II 「可搬式作業台を対象とした安全・安心の定量評価に関する一考察」(清水) 抜粋

- 38 年ほど機械安全の研究に携わり、後半の 10 年は国際規格について研究した。
- 機械安全においてリスクはゼロにはならない。許容可能なリスクをもって安全という。
- 定年後建設業の安全に携わっているが、建設業では、人に頼る安全がまだまだ多い。
- 建設業では、機械安全の考え方が定着しておらず、事故が起きていないことで安全と評価することがある。
- ジー・オー・ピー株式会社の安全・安心技術研究センター(SATEC)では SKQ(「安全は人へのやさしさと確かな品質から」という安全・安心の理念を掲げている。
- 現在、意図的な不安全行動の予測について研究を行っている。
- 建設業では、令和 5 年度、年間 14,444 人が事故によって怪我をした。事故で最も多いのが墜落(例、足場からの落下)、転落(例：階段から足を滑らせて落ちる)である。
- 高所作業とは、床面から高さ 2 メートル以上で行う作業を指し、高所作業については、法律で安全対策を施すことが義務付けられている。
- しかし、建設現場では、2m 未満の脚立や作業台上での作業においても事故が多発しており、死亡事故も発生している。
- 脚立使用時には、身体の重心を乗り出す、天板上で作業を行う、脚立にまたがるなどの危険行為がよく行われる。
- 脚立の作業は 2m 未満の作業が多いため、技術的な対策がなされていない。
- 平成 7 年 5 月に、可搬式作業台の認定基準ができた。
- 仮説工業会(厚生労働省管轄)の認定品には認定品のマークが表示されている。
- 認定基準ができたのはよいことだが、認定品であっても、作業台が揺れるなど、作業者が安心感をもって作業できない場合がある。
- SATEC(安全・安心技術研究センター)では、2022 年以降、行動分析学やポジティブ安全学などを取り入れた安全性・安心感の定量評価に取り組んでいる。
- 安全文化(safety culture)とは、組織全体や社会に深刻な影響を与える**事故を未然に防ぐ**ために共有すべき認識。
- 事故率を低下させるためには、安全文化を醸成し、会社として安全文化に対する当事者意識と責任を持つことが必要である。
- SATEC では、「人へのやさしさ」を基本として高い「安全性」と確かな「品質」を確保した製品作りを行い、信頼を得ることで、ユーザーに「安心」を提供できると考えている。
- 事故の発生とリスクの有無は別問題であり、事故の発生はあくまでも「結果」である。事故が発生しないからリスクがないと言う訳ではない。
- リスク低減方策の優先順位に従って、リスクを低減する必要がある。
- 安全・安心定量評価システムで、①行動の評価(身体的ストレス、視線の評価)、②構造の評価(動的な評価)、③心理の評価(アンケートの評価)を行った。
- 行動の評価では、NIRS、アイトラッキングシステム、ワイヤレス心電計、マーカレスモーションキャプチャーカメラ(36 箇所の関節の動き、重心移動量を計測する)を使用した。
- 実験の結果、揺れる作業台では作業時間が長くなり、最大歩幅が 64%まで減少した。
- 揺れる作業台ほどよそ見行動の回数・時間が増えた。
- 現在、GOP 方式のリスク評価方法(ウェルビーイングアセスメント)の開発に取り組んでいる。
- ウェルビーイングアセスメントでは、主観的ウェルビーイング(仕事の満足度を調査する指標)と心理的ウェルビーイング(積極的な他者との関係、環境制御力など)を使って意図的な不安全行動の発生の可能性を予測する。

- ウェルビーイングが向上することによって、製品に対して安全・安心を感じ、意図的な不安全行動が減ることが期待される。
- 300 事例のアンケートデータを集めて学会で発表することを目指している。
- 作業台 A から D までのリスクアセスメントを行ったところ、作業台 A~C はすべてリスクレベル II で環境のコントロールのレベルが低かった。作業台 D は同じくリスクレベル II だったが、**安全啓発推進活動**（実際に現地に行って、使い方を説明するなど）を行うことでリスクレベル I にできると考える。
- 従来のリスクアセスメントに加えて、作業者がどういう気持ちで作業しているかも評価する。
- これまでの安全の目標はマイナスのものをゼロに近づけることであった（けがや病気をしなければよいという考え方）。
- しかし、これからは働きがいや生きがいを持って作業できているかも評価する。これは、2024 年 4 月から始まっている働き方改革に結びつく。
- 今年から新たに、顔の表情をカメラで撮影して、作業者の気持ちを評価する研究を行なっている。
- 昔は朝の朝礼やたばこを吸う時間に作業者の体調を察することができたが、最近ではできづらい。カメラで顔の表情を撮ることで、作業者の体調や心理状態を察知できれば、事故発生のリスクを低減できる。

II. 質疑応答（抜粋）Q=質問、A=回答、C=コメント

講演 1 について

- Q1 実際のパラメータ数はいくつあったのか？
- A1 64 個。64 データフィールドがあった。
- Q2 ランダムフォレストの出力は？
- A2 64 個のテレメトリー（遠隔監視データ）の中のどれか 1 つを選んで予測する。1 個のために 64 個のデータを使い、電圧値そのものを予測する。正常の場合、予測と実際の値がほとんど同じ。ランダムフォレストは入力したデータを使って次の周期を予測する。AI では、予測の乖離が発生しているということしかわからない。学習されている組み合わせなのか、正常と異常のはざまなのかなど。フォーマルメソッドの出力は FFT、TTF などとなる。
- Q3 ランダムフォレストのしきい値は？
- A3 ライト GBM を使ってしきい値を学習する。正常範囲の中なのか、外なのかを決めて学習を始める。
- Q4 フォーマルメソッドの結果が予測の根拠となるのか？
- A4 その通り。フォーマルメソッドによって、人間が見て正常の範囲を超えているかどうかという判定基準を与えている。
- Q5 予兆の期間は場合によって変わるのか？
- A5 見ている対象によって変わる。
- Q6 実際は、何のシステムの異常を検知していたのか？
- A6 熱制御システム（水冷システム）の電圧値の乖離。乖離しているということだけではなく、なぜおかしいのかを示した。
- Q7 異常値データがなければ、この異常検知はできないのか？
- A7 異常値データがなくてもできる。異常値がない場合は、正常値か Not Learned（未学習データ）だけになるが、それでも十分な根拠になる。
- C1 フォーマルメソッドは今まではモデルを定義するのが大変だったので、あまり使われていなかった。大量のデータを 1 枚の図にしていたが、人間のミスも発生する。機械学習を使えばデータを読み込ませるだけで、フォーマルモデルを自動で簡単に作れるようになった。
- Q8 鉄道の信号システムで 2 つのコンピュータを使ったりすることがある。説明する必要性は考えず、単に正常に動けばよいということであれば、複数の AI に異常検知をやらせるのはどうか？
- A8 複数にやらせるとどっちが合っているのかわからないのであまりよいやり方ではないと思う。
- Q9 画像認識で人が飛び出したかどうかという判断の場合、人か猫かの判断が合っているのか間違っているのかブラックボックスで、判断することはできないと思うがどうか？
- A9 ホワイトボックスにできると思う。フォーマルメソッドを使って、たとえば耳の形やひげに着目

するなどして、それぞれの特徴について True なのか False のモデルを作ることができる。画像判定でも全く同じように使うことができる。AI のブラックボックスにも使える。

- Q10 この方法論は一般産業界でも使えると思うが、新しいシステムを作る場合、フォーマルモデルとして得たデータが十分であるかどうかの判定はどうしたらよいか？
- A10 モデルチェックングをすることによって、真ん中のあやふやな結果や Not Learned が多すぎる場合は、十分とは言えず、学習データが足りない。

講演 2 についての質問

- Q1 ウェルビーイングの評価指標の決め方について教えていただきたい。
- A1 われわれは聞きたいことを聞いてしまいやすい（安全装置はよかったですか？など）。アンケートでは学問的に認められている評価方法を使っている。使用したアンケートはキャロル・リフ氏のアンケートを元で作っている。われわれの心理的ウェルビーイングのアンケートでは、仕事における持続的幸福感について質問するが、リフ氏のアンケートでは人生における持続的幸福感で質問している。リフ氏に問い合わせたところ、人生を仕事と置き換えても OK というお墨付きをもらった。
- Q2 以前のプレゼンで墜落制止用器具をつけないで危険な作業をすることに満足度を得る人もいたという説明があったが、それらについてはアンケートではどうなるのか？
- A3 東京タワー工事の作業者は安全だとは思っていなかったが、人と違ったことをやりとげた達成感があり、満足度は高かったと考えている。以前とび職の方のアンケートを取ろうとしたができなかった。そのような特殊な人の場合は主観的 WB と心理的 WB のどちらも高くなることはない。安全性を担保したうえで、やりがいを感じられるかが労働安全では必要。
- Q3 最近建設現場で事故が増えていると聞くが、実際はどうか？
- A3 母数が減っている割には増えている。現場の人が減っているので事故の数は減っているが、発生率は以前より高くなっている。死亡ではなく、怪我が増えている。
- Q4 SKQ は素晴らしいと思った。リスクはゼロにはならない。K をプラスにもっていくのは重要だが、その指標を設定する必要があると思う。
- A4 その通りだと思う。
- Q5 リスクアセスメントの評価の低い作業台で同じこと（現地で使い方を説明する）をやれば、評価が上がるのか？
- A5 やったことはないが、その可能性はある。今後やってみたいと思う。

III 連絡事項

- 次回は 2025 年 2 月 7 日（金）～8 日（土）に伊東にて総会を開催予定。詳細は後日、会員にメールで連絡。

IV 審議事項

電気機器メーカーに所属の方から個人会員として入会の申し込みがあった。可否について 2 月の総会で審議の上、決定する。

以上