第 122 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録案

◎　件　名　　第 122 回 SNJ 定例会（ハイブリッド形式）議事録

◎　日　時　　令和 7 年 12 月 19 日（金）15:00-17:20

◎　出席者　　18 名

各位

<table>
<tr><td rowspan="3">日本大学</td><td>中村</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">G・O・P 株式会社</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>高橋</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>大同信号</td><td></td><td></td><td></td><td>北陽電機</td><td>竹内</td></tr>
<tr><td>JR 東日本</td><td>川野</td><td></td><td></td><td>東京理科大学</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">有人宇宙システム</td><td></td><td></td><td></td><td>株式会社コア</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>海上・港湾・航空
技術研究所</td><td>柚井</td></tr>
<tr><td>長岡技術科学大学</td><td>眞砂</td><td></td><td></td><td>日本ヒューマン
ファクター研究所</td><td>本江</td></tr>
<tr><td>コレムラ技研</td><td></td><td></td><td></td><td>福岡電気システム</td><td></td></tr>
<tr><td>村田機械株式会社</td><td>今枝</td><td></td><td></td><td>しくみ設計 Lab.</td><td>齋藤</td></tr>
<tr><td>ナミックス株式会社</td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">ピルツジャパン</td><td>リジベル</td></tr>
<tr><td rowspan="2">京三製作所</td><td rowspan="2">髙田</td><td rowspan="2"></td><td>太田</td></tr>
<tr><td>杉原</td></tr>
</table>

I. 講演「**水中ロボットの性能評価法の確立とロボット性能評価工学**」**眞砂(抜粋)**

- 昨今、防災・減災、労働人口の減少、高齢化などの社会課題の解決策として DX や GX の他、ロボットによるイノベーションが重要視されている。
- ロボットには自動車産業で使用される産業ロボット、倉庫や物流拠点で資材などを運ぶ AGV、ファミレスなどで使われる配膳ロボットのようなサービスロボットなどがある。
- サービスロボットは一般の人が居るところで使用されるため、より高い安全性が求められる。
- フィールドロボットには陸上ロボット、水中ロボット、ドローンがある。
- フィールドロボットが使用される環境は外乱が大きく、想定するのが難しい。
- フィールドロボットは屋外で使用されることが多く、地面のぬかるみ、風、海の流れなど、多様な環境要因の影響を受ける。
- また用途も多様なため、誰がどういう環境で何に使うのか設計者が想定しづらい。
- 水中・水上ロボットは、水に潜るか潜らないかで分類する。水中に潜らないタイプは ASV (Autonomous Surface Vehicle)、潜るタイプのうち遠隔操縦するものは ROV (Remotely Operated Vehicle)、自律的に航行するタイプは AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 。
- 水中ロボットの主な産業用途は、インフラ点検 (パイプライン、海底ケーブル、ダム、河川など)、や水難救助などである。
- 水中ロボットには、陸上のロボットに比べて以下のような技術的な難しさがある。
- 水中ロボットは耐圧性・水密性が必要であり、通信も電波が使えないため、音響通信を行っている。
- 水中光通信を使うと音響通信に比べて格段に通信が速くなる。100m の距離で 1Gbps の通信に成功した事例がある。
- 水中の濁りも困難な環境要因であり、水中映像鮮明化技術で濁っていても水中が見えるようにする技術を使用しているものもある。
- 河川などの場合、水中に流れがあるため、定点で観測することが難しい。
- 水中ロボットは自己位置推定が難しい。ドローンなら GPS でかなり正確に自己位置が推定できるが、水中では GPS は使えない。そのため、慣性航法や DVL (Doppler Velocity Log) を用いて自己位置を推定する (但し DVL は高価である)。
- 簡便な方向として目印のブイをつける方法がある。しかし、移動中にブイがひっかかる恐れがある。
- 水中ロボットは数百万円から数千万円と高価なため、ロボット自体を市販するのではなく、運用事業者が自社開発のロボットを運用してサービスを提供するケースも多い。
- 水中ロボットの歴史は古く、1960 年代に大型(1 トン以上)の水中ロボットの開発が始まりオフショア石油産業などで使われてきた。その後、2000 年代に入ってホビー用の小型水中ロボットが普及し出し、次第に産業用途にも使われるようになった。
- 現在の産業用モデルは人が 2 人くらいで持てる重さになり、以前よりやや大型化された。
- 現在、多くの社会のインフラが老朽化しており、インフラ崩壊の事故も増えているが、メンテナンスの予算は減少している。
- 社会インフラの場合、全面改修が難しいものもあり、使用しながら少しずつ改修する必要がある。
- 安全性および機能を保持しつつ、メンテナンスコストを最小化しなければならない。
- 2012 年の笹子トンネル事故発生後、国土交通省は老朽化したインフラ点検の強化を決め、各種インフラの点検要領を順次発行した。
- 水中関連では、2012 年に河川管理施設、2013 年にダムの総合点検要領が発行された。
- 平成 30 年時点で半分近いダムを将来改修しなければならないことがわかった。
- ダム・河川点検は、基本は潜水士による目視点検で行っている。
- 潜水士が河川点検を行う場合、減圧症、窒素酔い、肺破裂などの恐れがあり、労働安全衛生上の問題がある。
- そのため、法令に基づいて人間が点検作業を行うには多くの規制がある。
- 現状では潜水士による点検作業が主流だが、今後、導入コストが下がれば、多くの作業が水中ロボットによる調査に代替されるであろう。

- インフラ点検と並んで水中ロボットの活用が見込まれる分野が災害対応である。
- 水難事故の捜索は、目撃証言をもとに捜索範囲を設定するが、視界がほぼゼロである上、流れもあり、目撃証言も正しいかどうかわからないため、捜索場所の特定が極めて重要であり、ロボットによる探索も有望である。
- 知床沖遊覧船沈没事故が発生した際、連絡を受けた海上保安庁は、日本サルヴェージ（民間企業）に捜索を委託し、同社から ROV「はくよう」が出動した。
- 消防にとっては人命救助が最優先であり、現場に速く行って作業することが重要だが、サルベージに関してはそれほど急がなくてもよい。
- 水難救助では、対応のフェイズによってニーズが異なり、現場までの運搬手段の考慮や、水中・水上以外のロボットや隊員との連携も必要になる
- 水中ロボットには現状、客観的な性能評価の指標がないが、今後性能評価の指標を標準化する必要がある。
- 標準化とは、放置すれば複雑化・無秩序化してしまうものを、技術文書としての「規格」を国レベルで制定し、統一すること（日本工業標準会）。
- 標準化には仕様規定と性能規定がある。前者では使用する材質や形状、工法などを規定し、後者では、発揮すべき性能を規定する。
- 仕様規定は検査・検証が容易である反面、新しい技術の開発を妨げるため、最近では国も仕様規定ではなく、性能規定が望ましいとしているものが多い。
- NIST（米国標準技術研究所）は米国商務省傘下の政府機関であり、科学技術分野における計測、標準、技術の研究開発を行っている。
- NIST の標準試験法において、ドローンの性能評価試験法は、他のフィールドロボットに比べ整備が進んでいる。
- NIST の性能評価のターゲットとしてオムニバケツと呼ばれるバケツが使用されている。例えばオムニバケツを人の顔に見立て、ドローンで飛んで実際にバケツの見るべきポイントが見えるか確認する。バケツを正面から捉えられたら、実際の人の顔も捉えられると判定する。
- 性能評価は誰でも簡単にできなければならないため、単純であることが望ましい。
- 野球選手で例えれば、監督が選手を評価する場合、俊足や強肩などの要素性能だけではなく、実際の試合の状況に近い設定でのトータルパフォーマンスによって評価する。ロボットでも同様に要素性能だけの評価では不十分で、トータルパフォーマンスの評価が必要である。
- トータルパフォーマンスの評価を行う際、操縦者の技能とロボットの性能は完全には分離できず、セットで考慮せざるを得ない。
- ミッション型性能評価は、達成したいミッションからシナリオを想定し、そこに含まれるタスクを抽出した後、それらを適切に組み合わせた試験実施法を構築して行う。
- 例えば、ドローンが地震で崩れた家屋進入のための情報収集を行うというミッションの場合、想定するシナリオは 2 階窓より進入し、タスクは救助隊の障害になり得るものの発見と要救助者の状態確認である。
- 性能評価では、タスクの抽象化が必要になる。例えばがれきの上での走破性の評価では、実際のがれきを用いる代わりに、木製のステップをがれきだと想定するなどする。こうすることで再現性、容易さ、安全性が高まるが、リアリティとはトレードオフの関係にある。
- 日本の某消防署では、高層住宅火災発生時にドローンで現場を偵察して帰って来るというミッション型試験を用いた訓練を実施した。
- この訓練では、オムニバケツを用いてベランダから助けを求めて手を振っている人や、室内の火点発見することをタスクとした。
- NIST の水中ロボットの性能評価でも、ドローンと同様に、水中の色々な方向に同じオムニバケツを設置し、発見できるかどうか確認する方法が提唱されている。これらは基本的に ROV を対象としたものである。今まで ROV をメインで考えてきたため、AUV の試験の方法もこれから考えなければならない

- これらは個々のタスクレベルの評価であり、環境要因を含めたシナリオを考慮したものではない。「現場で使える」ロボットの開発選定には、実際の運用シナリオに沿って必要となるタスクを抽出し、適切な性能評価試験を実施することが不可欠である。
- 今後、災害現場でどういうことができたらよいのかリサーチして、ミッション型試験を行い、業界に広めていきたい。
- 水中ロボットの試験は、試験環境の構築が難しい。例えばドローンの場合、実際の飛行高度が100mのところ、10mで試験をしてもあまり問題にはならないが、水中ロボットの場合、深度が異なると技術的に求められるものが大きく変わる。

II. 質疑応答 Q=質問、A=回答、C=コメント）

- Q１水圧によって浸水するという話があった。一般的な耐水性能にはISOのIP67などの試験があるが、どのような評価方法があるのか？
- A1 水中ロボットに求められる耐水圧性能は、一般的な機器に求められるIPなどとは異なる。ISOで水中ロボットの規格は見たことがないが、ノルウェーのDNVには水中ロボットに関する規格がある。
- Q2 ロボットと言っているが英語ではVehicleと呼んでいる。使い分けがあるのか？
- A2 確かに産業用ロボットは2軸以上で動くものという定義がある。水中ロボットは必ずしもこの定義に当てはまらないが、慣習的にロボットにカテゴライズされている。歴史的には60年代から水中ロボットはオフショア産業で使われるようになったが、当時から「ロボット」と呼ばれていた。また、AUVも水中ロボットのカテゴリーに入れる。AUVとROVをひとまとめにしてUUV(Unmanned Underwater Vehicle)と言う言い方もある。航空法ではドローンは無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)に分類されるが、広義のロボットに含めることも多い。
- Q3 音ではなくレーザーの方が高速・大容量の通信が可能だが、まだ普及していないと言われた。その理由を説明していただきたい。
- A3 距離があまりとれない。現時点では数百m程度。音響だと深海何千メートルから水上に送受信できる。
- C1 仕様規定、性能規定ということばを初めて聞いた。自動車関係では基本的に性能規定を使用する。
- C2 例えば昔は、国交省が道路を敷設する際、公募時に、砂利を敷く厚さを何センチにするなど規定していた（仕様規定）。今は「何トンの車が走行できること」など性能規定になっている。日産で不正検査が問題になった。性能は満たしていたが、検査方法が違っていた。具体的な検査方法が規定されているのが仕様規定。日産側としては、パフォーマンスは出しているから問題ないとの認識だったのだろう。
- C3 新技術を阻害するので仕様規定はしないというのがドイツの考え方。上記の件は、日本が技術指針を作り（評価する基準、試験方法を細かく規定）、それに合っていないとダメとなっている。認証機関としては、別の方法でも性能基準をクリアすればOKとする。
- C4 認証機関は検査方法の妥当性を証明すればよしとする。しかし、日本では検査方法も役所に決めて欲しいと言われる。世界標準では性能規定。アメリカは自己認証が多い。海外と違って、日本は事細かに決めてもらいたい。そこは変えていかないと、どんどんものが高くなる。
- C5 自分が安全であることを証明するにはかなり高い技術力が要る。
- C6 例えば運転者の乗り心地を評価するのに、サスペンションやシートの柔らかさといった工業的な指標ではなく運転者の心拍数を測定する方法もある、という話を本で読んだことがある
- C7 日本では脳波なども測定している。メカではなく、結果的にどうなっているかをみる。
- C8 鉄道では、昔は仕様規定ではなく構造規定と呼んでいた。昔はそれを満たしていなければ使えなかった。
- C9 今は鉄道も性能規定にしている。性能規定を満足するものに例えばこういうものがあるというサンプルとして構造規定があった。構造規定から性能規定になって自由になった

- 性能規定にすると説明責任が伴う。いかに仕様規定と性能規定の間で生まれる空白を埋めるかが問題となっている。がれきの例のように、妥当なサンプリングを構築することが必要になってくる。

II 連絡事項

- 創立 25 周年記念講演会の収支報告は 2 月の総会で行う。
- 次回は 2026 年 2 月 6 日（金）、7 日（土）に第 26 回総会を伊東にて開催する。詳細は後日メールにて連絡。

IV 審議事項

なし

以上