

# 制御の自動化と身体制御の言語化知識

## Automation of control and verbalizing knowledge of body control

長谷川克也<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> 宇宙航空研究開発機構  
 Japan Aerospace Exploration Agency

跡見順子<sup>\*2</sup> 清水美穂<sup>\*2</sup>  
<sup>\*2</sup> 東京農工大学  
 Tokyo University of Agriculture and Technology

跡見友章<sup>\*3</sup> 廣瀬昇<sup>\*3</sup>  
<sup>\*3</sup> 帝京科学大学  
 Teikyo University of Science

田中和哉<sup>\*3</sup>

Modern advances in computer system developed higher automatic control system and brought great benefits to human daily life. However automation control doesn't mean that the computer itself actually 'think' and calculate the optimal control decision. On the other hand, people acquire craftsmanship by watching how their master control their body and people actually need to try and error repeatedly. Modeled after those craftsmanship, In this paper, I tried to think and verbalizing those human physical activity toward developing new computer control decision system.

### 1. はじめに

機械の自動化は生産現場では重要な技術であり、生産性の向上をもたらすだけでなく製品の品質向上に大きな成果がある。それは生産業だけではなく、農業や漁業という一次産業の機械化も同様でその効果は人手不足の産業の省力化などの面にも大きく貢献している。しかし、自動化の恩恵は生産現場だけではなく一般家庭にも大きく影響し、洗濯機や洗濯機などの一般家電の進歩も自動化が進んできた恩恵と言える。

当初はセンシング技術や制御技術の制約から簡単な動作しか行えなかったものが、近年コンピューターの進歩により、高度な自動制御が可能になった。しかしながら、制御の自動化はコンピューターが自動的に思考し最適な制御量を算出してくれるのではない。自動制御をおこなうために制御工学の分野で制御理論があり、現在ではコンピューターによる制御が一般的となっているため数値により制御されている。現在ではコンピューターと周辺技術の進歩によってきめ細かい制御を行うことが可能となった。一方、様々な作業において人は経験を重ねることで熟練を得ていくが、熟練の経験知がもたらす制御を数値化することは難しいとされ、自動化のためには動作だけではなく、判断を含めたく熟練の作業の言語化が必要とされる。そこで自動化のために機械をどう制御するかの考え方を工学的な制御理論ではなく、人間の経験知から導き出す方法について考えた。一般に制御理論だけでは柔らかな制御や心地よい制御に対応する事は難しいと考えられる。たとえば、優しい自動車運転を想定した場合に、何が優しい運転であって、人がどのような思考でそれを実現するかを考察して、そのためにどのように身体を制御しているのか。人間は目的のために行動するときは無意識のうち体を動かしている状態がほとんどで、機械の自動制御というメカニズムを通して言語化することで客観的に体の動きを表

現し、無意識から意識へと変化させる手法のひとつになりえるのではないかと考えた。

連絡先: 長谷川克也、宇宙研究開発機構、  
 〒252-0222 神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1  
 hasegawa@keisoku.jaxa.jp

そこで本研究では単純に目的を達成するための制御ではなく、付加価値の高い制御に向けた自動制御のための経験と身体制御の言語化を述べる。

### 2. 人間の動作と機械の制御

#### 2.1 コンピューターによる制御

現在ではコンピューターの小型軽量化、高性能化、低価格化によって、航空機や鉄道などの人命を預かるものから、玩具に至るまであらゆる個所にコンピューターが搭載され様々な場面で自動制御をおこなっている。自動制御は便利であり定められた動作を間違いなく何回もこなすことに 前述のとおりコンピューターによる自動制御は、あらかじめプログラムされた手順が必要となり、制御プロセスの構築はコンピューターが自動で行うものではなく人間が定められたプロトコルに従い入力する必要がある。

入力は様々な方法があるが、一般的にはコンピューターのプログラム言語を用いる方法が知られている。特殊な例では自動車の塗装ロボットのようにプログラムの難しい場面では、体の動きをセンサーで読み取って記憶し、そのとおりなぞるヒューマンティーチング方式などがあり、プログラムを行うものがコンピューターの言語に対する知識を全く持たなくてもできる方式がある。

言語による記述でも動きを記憶させる方式にしても自動制御をおこなう場合にはプログラマが想定し機会に入力した範囲の動作しかおこなうことができない。

#### 2.2 Artificial Intelligence と自動制御

前述のとおりロボットを代表とするコンピューターを用いた自動制御では、人間があらかじめ想定し、記憶させた範囲でのみ制御が可能である。言い換えると想定していないものに機械は自動対応することができない。

たとえば飛行機の操縦はかなりの部分が自動化されており、通常の水平飛行は当然の事であり、自動着陸誘導装置と自動着陸装置のセットで着陸も自動化されている。そのため非常に夜間や悪天候などの難しい場面でも非常に安定した着陸が可能となっているが、降下角度と姿勢を制御するシステムをとって

いるため機体重量の変化で着陸の衝撃が変化する。そのため乗客にショックを与えない静かな着陸を目的とした場合には、その感覚はベテランパイロットの操縦技術に分があると言える

このように本研究で想定する、人にやさしい制御や、ていねいな動きなど、人間の感性に働きかける制御を機械に持ち込むには、プログラマーがその人に関する感性を持つ必要がある。

航空機の自動制御システムを作成するエンジニアが、実際に飛行機を操縦する技術を身につける必要があるか、その操縦が非常に上手でなければいけないという問題ではないが、その操縦に人の感性を必要とする場合には制御に入れ込むためにはその動きとそれから受ける反応を十分に理解する必要があり、機械を使用する人に対する理解が必要であることは間違いない。

### 2.3 自動制御プログラムの実際

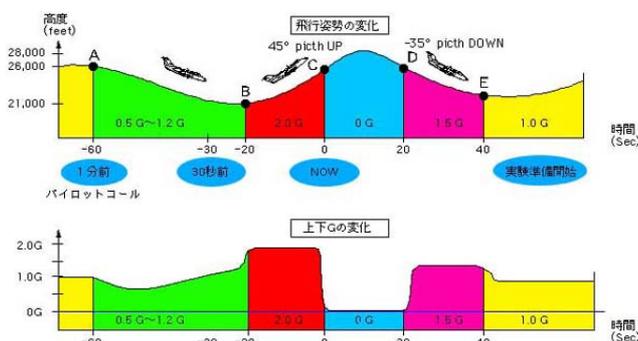


図 1. 航空機による無重力実験パターン

そこで実際の自動制御プログラムの例として低重力実験の例を示す。低重力実験には様々な方法があり、その中で航空機を用いた方法では図 1 に示すとおり低重力の前後に高重力が発生する。そのため生物のストレス応答などの実験では高重力によるストレスと低重力によるストレスのデータが混在してしまい解析を難しくしてしまっていた。そこで低重力前後の高重力時間帯をなくすため低重力実験のために開発したマルチコプター(図 2 参照)の低重力発生制御プログラムに高重力の発生を抑制するプロトコルを付加した。



図 2. 低重力実験用マルチコプター

実験結果を図 3 に示す。横軸に時間、縦軸に重力値をとり、時間 0 で低重力を発生する。低重力発生前には1G を保持しており、低重力発生前の高重力が皆無であることがわかる。また、低重力発生終了後の減速の際にも発生低重力を上回らないように減速加速度を制御している。

この例では制御する目的が低重力であるが、絶対に必要な要素が低重力だけではなく、前後の環境も重要であることに気付く必要があり、目の前の目的だけではなく全体を見通したシステムに対して言語化する能力が重要となる。

### 3. まとめ

機械を自動制御しようとする場合に、机上論で制御技術を学ぶことは基礎であり、重要であるが、自動制御がプログラムの想定した範囲の事しか対処できない以上は、人間が自動制御から受ける印象を問題とした場合には、人間の感性を言語化できる能力が必要となり、物理だけを対象とした制御理論だけでは解決できない。

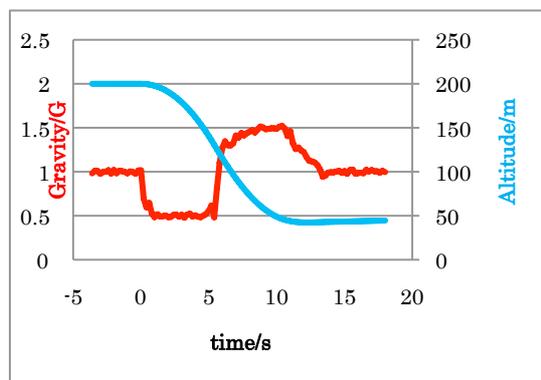
そのため現状でコンピューターが人のため自ら考えて結論を出せない以上は、人にやさしい機械を作るためには人に対する気遣いをプログラマーが考えてそれを制御コードに入れ込まなければならない。

そのためには人の感性にかかわる高度な機械を制御しようとするものは、機械の動きだけではなく感性の言語化が重要となる。

「ゆっくり」「やさしく」「しっかりと」「強く」などの感性にもとづく言葉に表される制御は、言葉にするのは簡単だが、コンピューターの動きを制御する数字にするのは非常に難しい言語である。

しかし、その動きはコンピューターの得意とする高速演算や高分解能制御により実現できるのであるが、その動きはコンピューターの能力だけで実現できるのではなく、自動制御を実現するコンピュータプログラムを作成するエンジニアがイメージンションをもって初めて実現できると考えられる。

日本の社会が持つ高いホスピタリティにふさわしい自動制御技術を実現するためには、エンジニア自身が感性を言語化できる能力を持つ必要が不可欠となり世界に対して非常に強い競争力を持つ自動制御機会を作成することが可能となる。



#### 参考文献

- 和田隆弘: 熟練ドライバーの運転行動解析に基づく減速支援制御手法, デンソーテクニカルビュー, 2010.
- 大音光博: 熟練操縦者の制御戦略を考慮した旋回クレーンの制御, 計測自動制御学会論文集, 2007