

2014 年度 クリエプロジェクト  
脳波を用いてロボットなどを操作する  
サイバネティックスに関する研究  
成果報告書

VR・神経学研究室 Cybernetics グループ  
代表 岸村 直輝

---

今年度達成された成果について報告する。

### Robovie-X（2足歩行ロボット）の Bluetooth による操作

VR・神経学研究室が保有する2足歩行ロボット Robovie-X は、専用のコントローラによって任意の動作が可能になる。専用のコントローラはデバイス型コントローラであるため、脳波で操作するためにはソフトウェアで操作するようしなければならない。

その変更を行うため、オプションパーツであるモジュールを取り付けることにより Bluetooth による操作が可能になった。しかし、操作は公式専用アプリが配布されているスマートフォン、タブレットに限定されていた。当研究室で扱っている脳波計測は、PC ベースで扱っているため PC から操作できるようにする必要がある。

そこで、公式 HP より Bluetooth モジュールの SDK をダウンロードし、プログラミングを行うことにした。

プログラムは C++ で書かれており、日本語のコメントがついている等、読むことに関して支障はなかったが、Robovie-X に対してコマンドを送信している部分の説明が不十分であり苦勞させられた。このロボットは、コマンドを byte 単位で送信している。そのため、byte コマンドをプログラムで生成して送信することが必要になった。さらに、コマンドを生成するためのアルゴリズムは dll に書かれているため判読は不能であった。

海外の HP などを探したところ、16進数がコマンドの byte に割り当てられていることが分かった。公式のマニュアルにもそのような表記（図1）はあったが、サンプルコマンドが載せられているだけで、初学者には難読なものであった。

まず、前後の動作を PC から行うためのプログラミングを行った。マニュアルには、パンチ動作のサンプルコマンドがあり、それに対する byte 対応表より、byte コマンドから16進数の変換を行うことに成功した。その成功から法則性を見出し、対応表よりロボットの前後の動きのコマンドの生成に成功し、実機でテストを行い成功した。

次に左右の動作も行えるように、上記と同様の方法を用いて16進数から変換を行い、動作の実現に成功した。

上記の実装より、脳波計から取得されたデータより、別のプログラムでコマンドを生成し、そのコマンドを当プログラムで受信することで、4方向の動作が可能になった。

上位 byte								下位 byte							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
←	↓	→	↑	START	R3	L3	SELECT	□	×	○	△	R1	L1	R2	L2

図1 byte 対応表

## Robovie-X のスクリーンセーバ問題

Robovie-X には、節電と待機中のモータの過熱を防ぐため基本 OS には、スクリーンセーバがインストールされている。このスクリーンセーバは、数分間の動作がなければ動作し、15 秒ほどあらかじめインプットされている動きを行い、また待機中に戻るものである。

しかし、このスクリーンセーバ中は、いかなるコマンドを送ってもスクリーンセーバが終了するまで動作が待たされるという問題があった。この問題は、脳波からロボットを動かすうえでは大きな問題でありリアルタイム性にかかわる。

そのため、基本 OS をベースとして、脳波動作に適した動きをするように OS を書き換えることにした。基本的な動作（前後左右移動）を残すことにし、スクリーンセーバ機能は削除、また、歩行の際に効果音が鳴る設定も脳波への影響を懸念して停止させた。

これにより、脳波計測による PC からのコマンドがリアルタイムに機能するようになった。

## 脳波による Robovie-X のコマンド操作の実装（基礎研究グループ共同研究）

実際に Robovie-X を脳波によるコマンド操作の実装を基礎研究グループと共同研究として行った。

基礎研究グループでは、脳波計から計測された脳波データのうち集中度に閾値を設け、一定時間内、閾値を超えた割合によって、「0」、「1」のコマンドを生成する研究を行っていた。

それを複数回繰り返すことによって、「0 1」や「1 1」といった複数のコマンドを生成させ、2 つのコマンドを組み合わせることによって計 4 通りのコマンドを生成させることに成功していた。

Cybernetics グループでは、上記基礎研究グループの研究成果である複数コマンドを受け取り、そのコマンドに対応した動きをさせる研究（BMI の実装）を行った。

プログラムは、脳波計から取得されたデータは基礎研究グループが開発した「0、1」コマンド生成プログラムに値が渡され、上記のアルゴリズムによって「0、1」コマンドがテキストで表示される。そのテキストを Cybernetics グループが開発した Robovie-X コマンド変換プログラムが標準入力として受信し、あらかじめ登録してある「0、1」コマンドと照合し、一致したコマンドの動作を Robovie-X に送信するというものである（図 2）。

これが、基礎研究グループの研究と Cybernetics グループの初めての共同研究であったが思った以上に連携が取れ研究が進んだと考えている。研究途中には問題もあったが、1 年生や基礎研究グループの協力、さらには VR グループの協力もあり研究を成功させた。

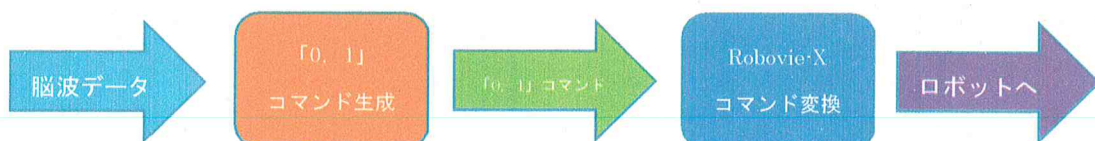


図 2 Robovie-X のコマンド操作の実装のプログラムとデータの流れ

## 透過スクリーンの制作（VRグループと共同研究）

VRグループが研究を行っている透過スクリーンをCyberneticsグループと共同研究として研究を行った。

共同研究の分担として、VRグループが透過スクリーンの仕様の決定、設計を行うのに対して、Cyberneticsグループは材料加工、組み立て、透過シートの貼り付け作業を行った。

製作したのは、昨年度制作した150型透過スクリーンと、湾曲スクリーンである。

150型スクリーンは、公開体験学習会用に昨年度制作したものであり今年度も利用することになったが、1年間メンテナンスされていなかったこともあり、構造体の整備、透過シートの貼り直しが必要になった（図3）。150型のスクリーンとあって、1枚の透過シートでは張り切ることができず、複数枚のシートを組み合わせて貼る必要があった。また、縦が3mほどあるためたわまないように貼るためにもテクニックが必要であった。複数枚組み合わせたときにできるシート同士が重なる部分を最小限に抑える必要があるため（反射率が変わるため波打って見えてしまう）緻密な精度が要求されるものとなった。Cyberneticsグループのスタッフだけでは足りず、VRグループ、基礎研究グループにも応援を要請し、支持することで完成した。

また、湾曲スクリーンに関しては、初めての試みであったため、一切のノウハウがないところから始めた。まず、湾曲スクリーン本体となる曲面を生み出すために塩ビパイプを曲線状に曲げる必要があった。曲げる際、ヒートガンを利用して柔らかくしてから曲げた。上下2本で透過シートを曲面に支えるため2本のパイプを同じ曲げ具合に調節する必要があり、難しいところであった。また、シートを張る際にも曲面であるためたわみやすいためしっかりと力を入れてシートを止めていく必要があった（図4）。

この制作を通して、共同研究の重要性をRobovie-Xの件と踏まえて再確認した。それぞれ興味の違う人が集まってお互いの強い部分を補いながら研究を進めることによって、不可能だと考えたものが可能になったり、新しい発想が生まれたりするということである。



図3 150型透過スクリーン



図4 湾曲スクリーン

## まとめと展望

今年度の成果として、Robovie-X の Bluetooth による操作、スクリーンセーバ問題の解決、共同研究の成果として、脳波による Robovie-X のコマンド操作の実装、透過スクリーンの制作を行った。

本研究グループの意図としては、VR グループがソフトウェア系の BCI の実現を担っているのに対して、ハードウェア系の BMI の実現を目的に組織、研究を行った。しかし、実際には、ソフトウェア系の BCI とハードウェア系の BMI とでは、応用先の問題であり根本的な技術や手順に大差ないことが分かった。

本研究グループは、前述のような成果を残したが、ソフトウェア系の BCI と大差ないことを理由として、グループ内、研究室内で話し合った結果、来年度 VR グループと融合することにし、VR・BMI 融合研究ラボとして研究を行っていくことにした。それにより、より効率的な技術提供、ディスカッションが可能になり、VR と BMI 双方共の研究が進展するものと考える。

よって、本年度をもって、本研究グループの研究活動は終了とする。今後は、VR・BMI 融合研究ラボにてより一層の研究活動を行っていきたいと考えている。

今後の研究に期待されたい。