

1 緒言

認知発達ロボティクスでは、子供の認知・運動発達過程を実装できるロボットが必要であるが、人間の発達過程における高度かつ自立した運動を実装でき、人間と様々な様式で相互作用可能なロボットは存在しなかった。そこで新たに子供型ヒューマノイドロボット M3-kindy を開発した。本研究では、M3-kindy のプラットフォームとモーション作成システムの開発、そしてこれらを利用して赤ちゃんらしい動作を作成することで、認知発達研究の為のプラットフォームとして有用であることを実証することを目的とする。

2 M3-kindy の開発

開発したロボット M3-kindy を Fig 1 に示す。M3-kindy の全自由度はサーボモータによって駆動し、顔に 11、体に 30、合わせて全身に 41 自由度を持つ。サーボモータにより素早く正確な位置制御が可能で高度な運動を実装することができる。センサはカメラ、マイクが頭部に 2 個ずつ、触覚センサが全身に 101 個配置されている。これらのハードウェアを制御する為に PC を 2 台使用する。PC は腹と背にマウントでき、自立システムを確立している。

M3-kindy のソフトウェアは、サーバとクライアントに分け分散開発を行う。サーバは一定時間間隔の制御ループが必要である目標関節角への軌道生成と追従制御を行う。制御ループのフローチャートを Fig 2 に示す。1 回のループでクライアントとの接続、命令の処理、目標値までの軌道補間を行う。マルチクライアント対応システムを構築したため、複数のクライアントと接続できる。ロボットの関節駆動は複数のクライアントから行う。クライアント間の自由度競合を防ぐため自由度の割り当てを行い、割り当てられたクライアントが関節を動かすことができる。関節はループ毎に生成された軌道上の補間点へ駆動される。このシステムの特徴としてモーションエディタで作成したファイルを読み込み、その動作を再生することができる。

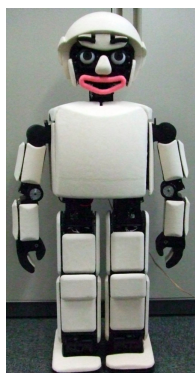


Fig 1: M3-kindy

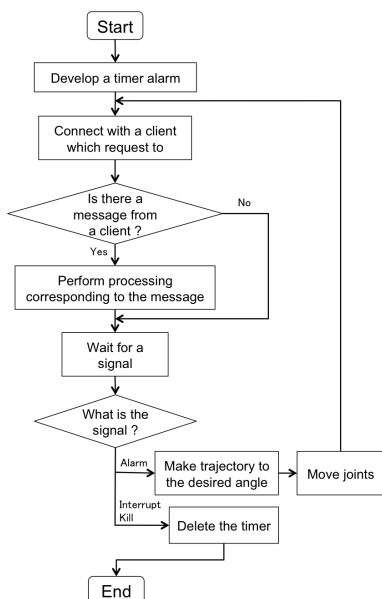


Fig 2: Flowchart of control loop

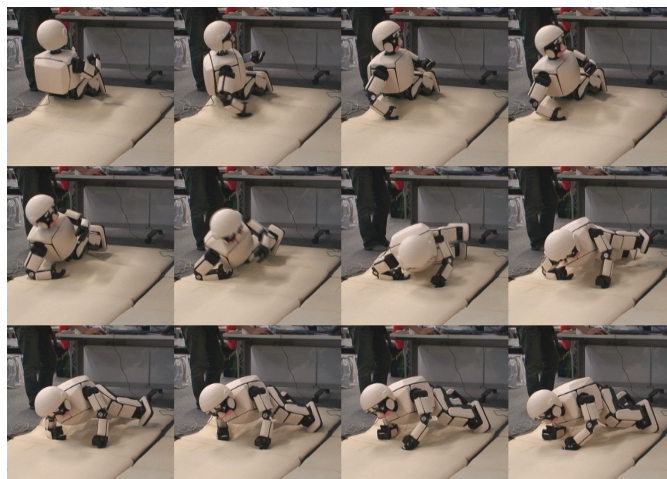


Fig 3: Developed motion represents a baby's postural change from sitting to crawling

3 モーション作成システムの開発

M3-kindy の全身触覚を利用し、モーション作成システム “Teaching by touch-guidance” を開発した。これは動作のキーフレームとなる姿勢を触りながら形作り、その間の遷移時間を設定することで動作開発を行うシステムである。姿勢を形作るには、関節に粘性を持たせ、外力に対して関節角が押された方向へ変化する様に設計する必要がある。そのために関節のインピーダンス制御を行う。

関節周りの運動方程式において粘性抵抗のみを考え、離散化すると

$$\theta[t] = C_d \cdot F_t + \theta[t - 1] \quad (1)$$

が得られる。 F_t はセンサ入力、 $\theta[t]$ は時刻 t の関節角、 C_d は触覚センサ間の感度差を更正する為の係数とサンプリング時間、粘性抵抗を合わせた係数である。但し、動かす関節に近いリンクを押すことを想定し、関節に掛かるトルクは関節に近い触覚センサの入力値に比例すると考える。 $\theta[t]$ へ駆動することで、手の力に追従する形で関節が回り、ロボットを自ら直接動かす感覚で姿勢を教示できる。

遷移時間とモータ脱力の設定はキーボード入力で行う。M3-kindy の肩を触るとその時点での姿勢がキーフレームとして保存され、キーボード入力モードへと移行する。

4 開発モーション

開発した動作の 1 つを Fig 3 に示す。これは生後 7~9 ヶ月の幼児が上肢で体重を支えながら、殿部を持ち上げ、体重を支えていない側の下肢を正しい位置に持っていき四つ這い位に移行する動作を表している。この動作はモーションエディタを使用して作成した。上下肢に体重を上手く分散し、下肢が床面に引っかかることなく、かつ効率的に素早く腰の回転を戻している。このように M3-kindy はダイナミックで応答性の高い動作が可能であり、上肢で旋回の衝撃や体重を受け止められることから、ハードウェアとしてロボスタであることがわかる。また、M3-kindy の様々な表情を実装することができた。

5 結論

本研究で開発したシステムを用いて実装した動作より、M3-kindy はロボスタであり、応答性の高い反応が可能で様々な表情を表現でき、認知発達研究の為のプラットフォームとして有用であることが実証できた。