

レゴマインドストーム NXT[®]を用いた カフィードバック機構の検討

A force feedback mechanism using LEGO MINDSTORMS NXT[®]

○久保田勝年*, 有我祐一*

○Katsutoshi Kubota*, Yuichi Ariga*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード: カフィードバック (Force Feedback), 遠隔操作 (Remote Control)

連絡先: 〒992-0037 米沢市城南 4-3-16 山形大学工学部応用生命システム工学科

有我研究室

久保田勝年, TEL: 0238-21-7905, E-mail: ttc55437@st.yamagata-u.ac.jp

1. 序論

レゴ・マインドストーム NXT^[1] (以下 NXT) は, 各種のロボットコンテスト^[2]や企業のエンジニア研修などで広く用いられ, 子供から大人まで, ハードからソフトまでの「ものづくり」を体感できる教材として有名である. NXT が広く用いられる理由として以下の点が挙げられる.

- 1) 安価
- 2) 誰にでも簡単に機体の制作が可能
- 3) 豊富な部品・センサ等が用意されているため容易にアイデアを実現可能
- 4) グラフィック方言語のためプログラミングが容易

このように競技用・教育用に幅広く利用されている NXT であるが, この汎用性の高さを利用することで, コミュニケーションツールとしての新たな楽しみ方を提案することを本研究では目指している.

遠隔地間でインターネットを用いてコミュニケーションをとる方法は音声や画像を始め様々な方法が提案されているが, 本研究では力覚を伝達することを試みる. しかし, NXT キットには力センサに相当するものは付属しておらず, またサードパーティからも販売されていない.

そこで本研究では, 力覚の検知・提示のためのデバイスを NXT により実現するため機構を提案する. これは, 先行研究^[3]をもとに NXT 用に構成を改良した, バネと変位センサを組み合わせた構成となっている. この力覚デバイスをマスタ側, スレイブ側の2台用意し, その間を NXT 本体に内蔵されている Bluetooth 通信と PC 間のインターネット通信を介して制御することにより, 遠隔地間の力覚によるコミュニケーションが可能とする. 最終的には, NXT キットを所有し, インターネット環境が整っていれば, 誰とでも力覚伝達を体験することが可能とするシステムを構築することを目指す.

今回は、NXTによる力覚デバイスの作製とNXT本体間のBluetooth通信のみを用いた遠隔操作による検証実験を通して、力覚デバイスの成立性を検討したので、それを報告する。

2. 力伝達デバイスの構成

2.1 コンセプト

以下のコンセプトのもとで構成を考えた。

- ・小型
- ・誰でも作製できるシンプルな構成
- ・なるべくNXTキットの付属品で構成
- ・外部部品を用いるときは入手容易で安価なもの
- ・同じデバイスを2台作製し、マスタースレーブシステムとする

その結果、NXTの付属品の中から変位センサとして光センサを用いた。また、外部部品からバネを採用し、この2つを組み合わせることで力覚の検知・提示の実現を検討した。

バネの縮みと力は比例関係にあることを利用すると、バネの縮みを光センサの出力で測定することにより、間接的に、発生しているバネ力を計測することができる。さらにマスター側のバネの縮みとスレーブ側のバネの縮みを一致させるように制御することで、力を伝達できる。

2.2 実機の作製

図1に構成モデルを示す。これは2本のバネで支えられ釣り合っている状態である。操作者はハンドル部を把持して左右に動かす。その変化を光センサの出力として読み取る。可動範囲は±10mmとした。実際に作製した力/変位変換部を図2に示す。

次に、力伝達デバイスの構成モデルを図3に示す。土台に固定されたモータにより、上部の力/変位変換部を稼働させる。その動きは、マスター側とスレーブ側の光センサの出力の偏差をとり、その偏差が0になるよう制御される。把持している手を左右に駆動させることで、ハンドルを把持している手に力が伝わる。力/変位変

換部の左右の駆動にはラックアンドピニオン機構を用いた。図4に実際に作製した力伝達デバイスを示す。

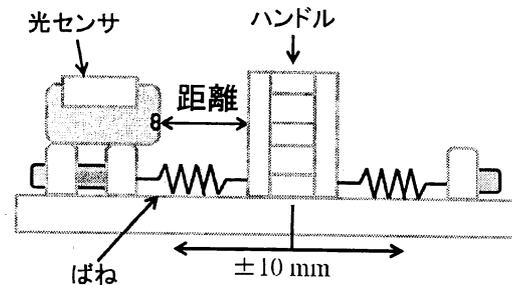


図1. 力/変位変換部のモデル図

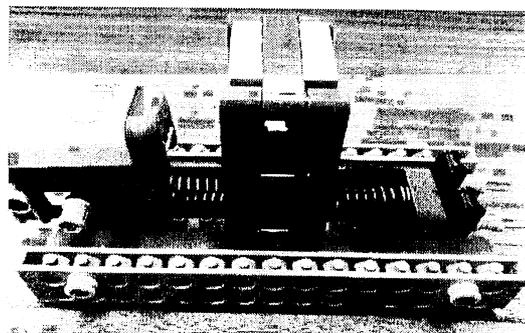


図2. 作製した力/変位変換部

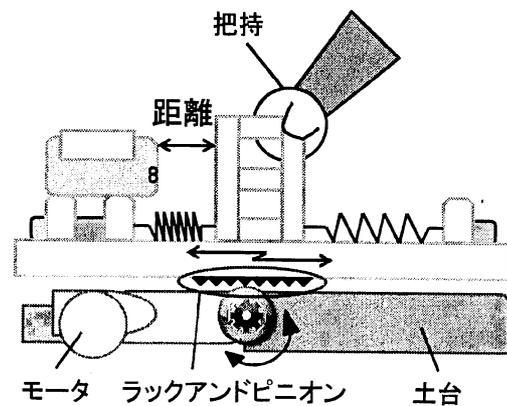


図3. 力伝達デバイスのモデル図

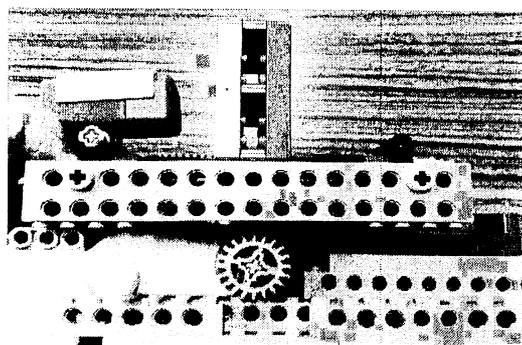


図4. 作製した力伝達デバイス

3. ソフトウェア構成

今回は NXT 本体間の Bluetooth 通信のみとし、マスター側で入力された力をスレーブ側へ一方向に伝達することを目的とした。マスター側、スレーブ側に要求される機能はそれぞれ以下のとおりである。

<マスター側>

- ・力伝達デバイスは固定するように位置制御。
- ・操作者がハンドルを左右に動かし、その変化量を読み取る
- ・Bluetooth でスレーブ側に変化量を送信

<スレーブ側>

- ・マスター側から変化量を受信
- ・スレーブ側とマスター側の光センサの変化量の偏差を求める
- ・偏差が 0 になるように位置制御

これらの機能を実現するためのアルゴリズムをそれぞれ図 5、図 6 でフローチャートとして示す。

4. 実験

Bluetooth 通信で、マスター側からスレーブ側への力伝達されているか実験を行った。力伝達デバイスを 2 台用意し、操作者 2 人で NXT 本体間の Bluetooth を介した状態で行った。マスター側の操作者は力/変位変換部のハンドルを押し引きする。スレーブ側の操作者は反力を受けるためにハンドルを握っている状態とした。

図 7 にマスター側、スレーブ側の光センサの出力の変化を示す。結果として遅延はあるものの、マスター側からスレーブ側へ力伝達することができた。マスター側の光センサの出力に対して、スレーブ側の力/変位変換部が稼働し、光センサ出力の偏差が 0 になるように位置制御していることがわかる。

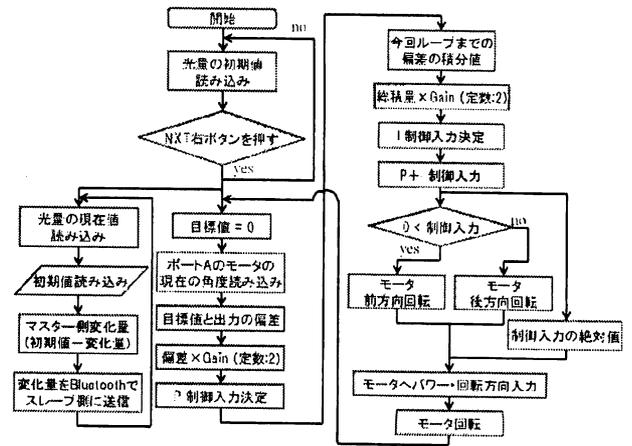


図 5. マスター側フローチャート

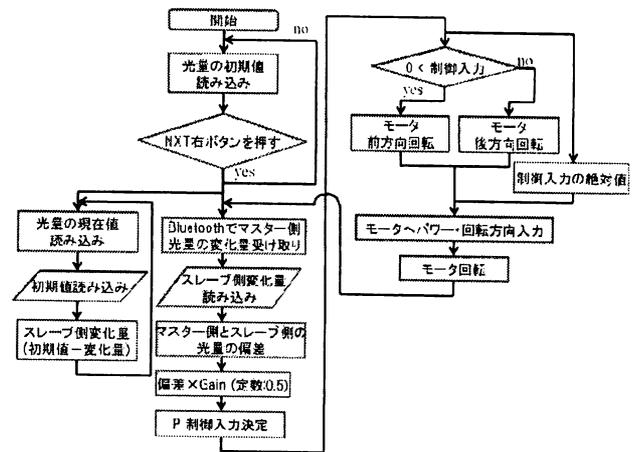


図 6. スレーブ側フローチャート

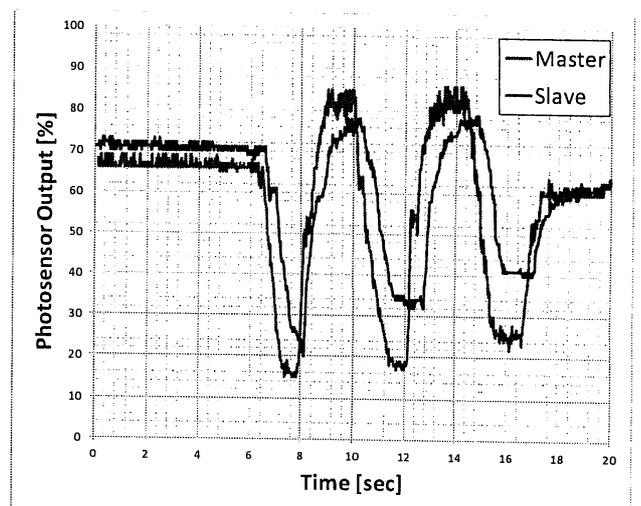


図 7. マスター・スレーブの光センサの出力

5. 結論

今回は Bluetooth 通信を用いた遠隔操作の検証実験を通して、力覚デバイスの検討を行った。その結果、力覚の検知・提示をバネを有する機構と位置制御の組み合わせで実現し、力フィードバックデバイスの成立性を確認できた。また、遠隔操作の動作確認をすることができた。

しかし、以下のハードの問題が明らかになった。

- ・力/変位変換部の構造において、与圧をかけた状態でのデバイスの作製が困難
- ・与圧でゆがんでしまいデバイスが安定しない
- ・光センサの値が安定しない

これらに対する対策として、

- ・構造安定化のためバネの代替品として輪ゴムを用いて引っ張り構造にする
- ・外部からの光を遮断する工夫が必要

が考えられる。

また、今後は、マスター側、スレーブ側と分けることなく双方向受信にすること、そしてインターネットを介した遠隔操作を実現することを課題とする。この際、Bluetooth・インターネットを介することで遅延が発生してしまうおそれがある。遅延により操作性が悪化し、デバイスの成立性がなくなる。この問題解決のために新たにむだ時間制御を行うことで、遅延による影響を低減させることができると考えられる。

インターネットを介する通信で成立性を確認することができれば、新たなコミュニケーションツールとして提案できると共に、むだ時間制御対象のツールとしても利用できるのではないかと考えている。

【参考文献】

- [1] レゴマインドストーム NXT 公式サイト
<<http://www.legoeducation.jp/mindstorms/>>
- [2] ET ロボコン 2011
<<http://www.etrobo.jp/2011/>>

- [3] 上村貴彦, 有我祐一, 渡部慶二, 村松鋭一, 遠藤茂:「パワーアシスト装置の制御に関する研究」, 計測自動制御学会東北支部 第245回研究集会, 資料番号 245-26, 2008.