

QRコードを用いたシリンジポンプの流量認証システム

An Authentication System of Syringe Pump's Flow Rate using Quick Response Code

○小林健太^{*}, 釜谷博行^{*}

○Kenta Kobayashi^{*}, Hiroyuki Kamaya^{*}

^{*}八戸工業高等専門学校

^{*}Hachinohe National College of Technology

キーワード: 組み込みシステム(Embedded System), QRコード(Quick Response Code),
シリンジポンプ(Syringe Pump)

連絡先: 〒039-1192 八戸市田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 電気情報工学科
釜谷博行, Tel.: 0178-27-7283, E-mail: kamaya-e@hachinohe-ct.ac.jp

1. はじめに

シリンジポンプとは、「早産子」、「低出生体重児」に毎時数ミリリットルというわずかな量の薬品を投与するための機器である。新生児は少しの薬品流量の間違いでも命の危険にさらされてしまう。青森県立中央病院のNICU(Neonatal Intensive Care Unit)部門ではシリンジポンプの流量設定値の確認を、流量設定値の手入力時のチェック、看護師の目視によるチェックのダブルチェック体制によって行っている。しかし、現在でもシリンジポンプの流量設定値に関するインシデントは散見されている。

この問題に対し、本研究ではシリンジポンプの拡張デバイスとして、シリンジポンプの流量設定値をQRコードによって

表示するデバイスの導入を提案、開発を行った。表示されたQRコードはバーコードスキャナによって読み取られ、NICU部門の電子カルテに流量設定値の情報が格納されるようにする。このデバイスにより、人間の「流量設定値を読み取り、電子カルテに値を入力する」という作業が、バーコードスキャナによる「QRコードを読み取り、NICU部門の電子カルテに値を自動的に転送する」という操作に置き換わるため、人の関与する割合が減少し、ヒューマンファクトによるインシデントの発生率を下げる事が期待できる。

2. 青森県立中央病院NICU部門の電子カルテ

青森県立中央病院のNICU部門では、

Fig. 1のように患者の情報、患者に対する医療行為の内容・時刻などの予定、処置履歴などを管理する電子カルテを導入している。シリンジポンプの運用における情報もこの電子カルテによって管理されており、患者へ投与した薬液、投与開始時刻などはFig. 2のように対応するシリンジに貼られているバーコードシールを読み込むことによって電子カルテへ値を入力することが可能である。

しかし、シリンジポンプの流量設定値については看護師の手入力によって行われるものであるため、事前にバーコードシールを作成していたとしても、その情報と看護師がシリンジポンプに設定した値が一致しているという保証がない。このため、現時点では電子カルテに表示されている予定流量設定値を看護師が読み取り、その値をシリンジポンプに設定する。その後で、他の看護師がそのシリンジポンプに表示されている流量設定値を読み取って電子カルテに入力する、というダブルチェック体制をとっている。仮に、シリンジポンプへの流量設定値が電子カルテによって予定されていたものと異なる場合には、電子カルテ側から設定が間違っていることが知らされ、看護師は流量設定値を正しいものに設定し直すことになる。

しかし、現状では人の関与する割合が多く、ヒューマンファクトによるインシデントが散見されている。シリンジポンプへの流量設定値の入力は人の手によってしか行えないが、本システムを用いることで流量設定値を電子カルテに入力し、確認する操作を自動化する。

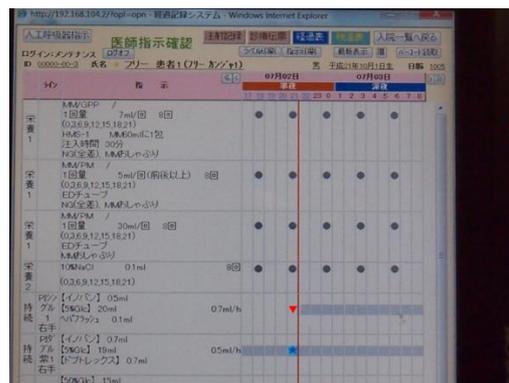


Fig. 1 NICU部門の電子カルテの例



Fig. 2 電子カルテとシリンジポンプの運用

3. システム構成

3-1. 全体のシステム構成

全体のシステム構成を Fig. 3 に示す。本研究で用いるシリンジポンプ(アトムメディカル社製 S-1235)は医療用モニターへの接続用のシリアルポートを備えている。このポートを介してマイコンはシリンジポンプの流量設定値を取得し、この情報をQRコードに変換して小型ディスプレイに表示する。看護師は表示されたQRコードをバーコードスキャナによって読み取り、電子カルテにその値を自動転送する。

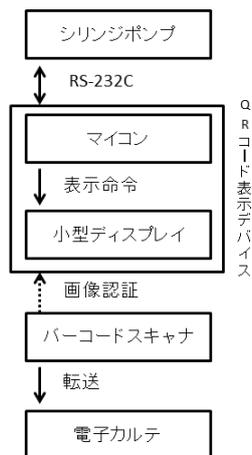


Fig. 3 システム構成

本研究では、QRコード表示デバイスの開発を行った。

3-2.QRコードの利点

QRコードを用いることの利点として、以下のことが挙げられる。

まず、Quick Response Code の名の通り、読み取り速度が非常に速い。また、Fig. 4 に示す誤り訂正機能により、バーコード表面に多少の汚れが存在する場合でも、読み取りが可能である領域の情報を使用してデータを正しく復元できる。さらに、QRコードは1次元バーコードに比べて単位面積あたりに格納できる情報量が多く、英字や平仮名、漢字などの豊富な種類の文字データを格納することが可能である。

これらの利点は、医療現場における使用において有利に働くと考えられるため、本システムに導入した。



Fig. 4 誤り訂正機能

3-3.QRコード表示デバイスの要件

本研究で開発するQRコード表示デバイスは、シリンジポンプの外部通信仕様を使用して、RS-232Cにより有線通信を行い、シリンジポンプの流量設定値の情報を取得する。また、Fig. 5に示すように、シリンジポンプの拡張デバイスとして開発するため、小型化により許容できる大きさに収める必要がある。

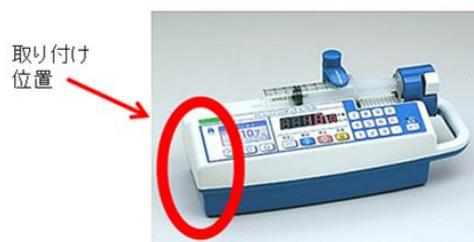


Fig. 5 システム取り付け位置

3-4.シリンジポンプの外部通信仕様

シリンジポンプの外部通信仕様を以下に示す。

同期方式	調歩同期
ストップビット長	1ビット
パリティチェック	無し
ボーレート	9600bps
データビット長	8ビット

Fig. 6に通信におけるフローチャートを示す。シリンジポンプに送信するメッセージフレーム及びマイコンが受信するメッセージフレームにはどちらもCRC (Chain Reaction Cycles)がフレームの最後に付加している。シリンジポンプに送信したメッセージフレームが破損していた場合はNAK応答が送信され、再度メッセージフレームの送信を行う。マイコンが受信したメッセージフレームが破損

していた場合は、シリンジポンプにNAK応答を送信し、メッセージフレームを再送させる。

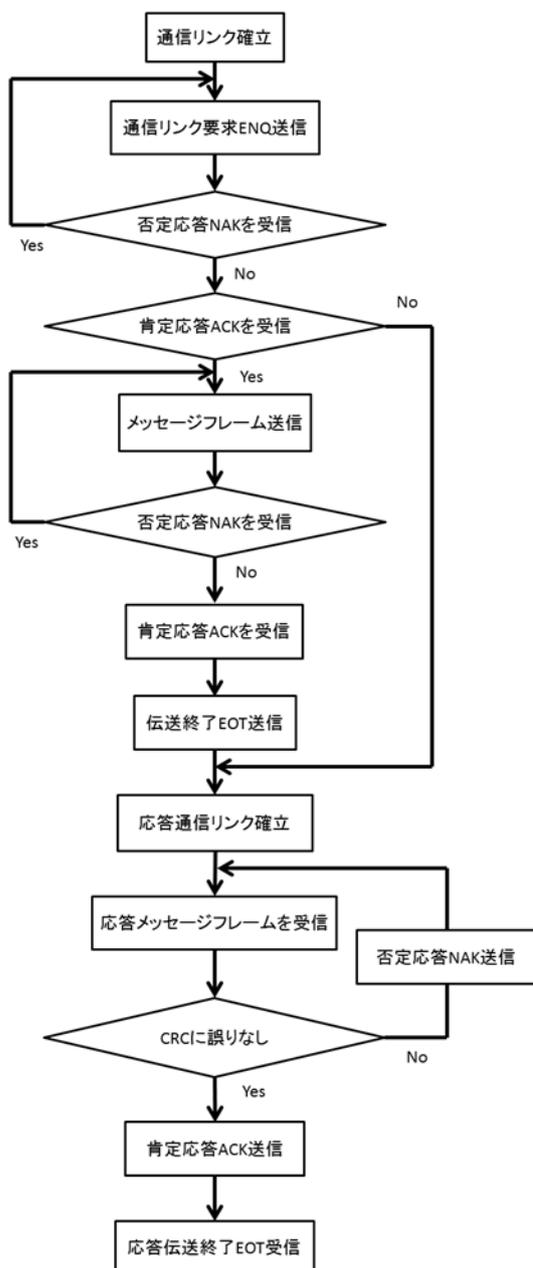


Fig. 6 シリンジポンプの外部通信仕様

4. QRコード表示デバイス

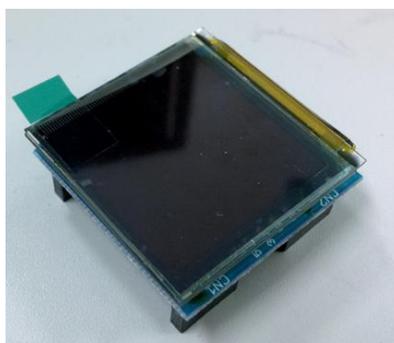
4-1.使用するマイコン

性能、体積、価格などを考慮し、本デバイスにはマルツエレクト社のMCUBoard (Fig. 7) と、その拡張基板であるOLEDBoard (Fig. 8)を使用した。



- CPU LPC1114(コア:Cortex-M0)
- 動作電圧 DC3.3V
- 最大周波数 50MHz
- ROM容量 32kByte
- RAM容量 8kByte
- 外形寸法 34×34×5mm
- UARTによるシリアル通信が可能

Fig. 7 MCUBoard



- CPU LPC1114(コア:Cortex-M0)
- 動作電圧 MCUBoardと接続することで使用できる。
- 単独で扱うときはDC12V
- 最大周波数 MCUBoardに依存
- ROM容量 MCUBoardに依存
- RAM容量 MCUBoardに依存
- 外形寸法 34×34×10mm
- 128×128ピクセルのカラーグラフィックが表示可能な有機LEDディスプレイを搭載している
- MEMSタイプの3軸加速度センサを搭載しており、基板の傾きなどを読み取ることができる。

Fig. 8 OLEDBoard

4-2.RS-232Cレベル変換ケーブル

シリンジポンプからのRS-232C出力は12Vであるが、MCUBoardで扱える電圧はUARTの3.3Vである。そのため、シリンジポンプとの有線通信にはエレラボドットコム製のUART(3.3V)-RS-232C変換コネクタケーブル使用し、電圧のレベル変換を行った。

4-3.QRコード生成ライブラリの開発

フリーで配布されているQRコード生成ライブラリとして、ZXing(Zebra Crossing)が存在するが、組み込み機器に搭載するには容量が大きく、ROM容量が32kByteであるMCUBoardに搭載することが難しいという問題があった。そのため、デバイスでQRコードによって表示される情報は流量設定値を示す数字と小数点のみであることを利用し、機能制限版のQRコード生成ライブラリを作成した。このライブラリの作成にはJIS X 0510¹⁾を参考にし、ライブラリ容量は14kByteとなった。

また、このライブラリによって作成されたQRコードの正当性を検証するため、本研究で用いているシリンジポンプ(アトムメディカル社製S-1235)が設定可能な流量設定値の範囲(0.0~300.0)全てについて実際にQRコードを生成させ、バーコードスキャナで正しく読み取りが可能であることを確認した。

4-4.QRコード表示デバイスのフローチャート

QRコード表示デバイスのフローチャートをFig. 9に示す。まず、デバイスをタッチすると、OLEDBoardに搭載された加速度

センサにより、その値が読み取られる。検出された加速度が、あらかじめ設定された閾値を超えると、加速度監視ループを抜け、シリンジポンプとの通信、QRコードの生成、表示が行われる。表示に要する時間は1秒以内で、即応性が高い。一定時間QRコードを表示(現在は10秒間)すると、OLEDBoardに表示していたQRコードを消去し、加速度監視ループへと戻る。これにより、無駄な電池の消費を抑えている。QRコードを常時表示している場合に対して、この方式をオンデマンドモードと呼ぶ。

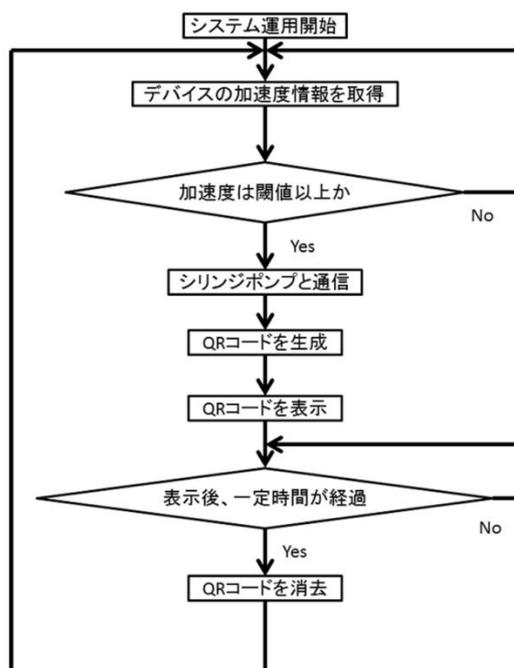


Fig. 9 QRコード表示デバイスのフローチャート

4-5.完成したシステムの全体図

Fig. 10に今回開発したQRコード表示デバイスの正面図を示す。QRコード表示デバイスはシリンジポンプの左側面に取り付けられる。Fig. 11に背面図を示す。デ

バイスの電力供給源である電池BOXはシリンジポンプの背面に取り付けられる。

Fig. 12は、流量設定値である0.3をQRコードで表示している様子である。



Fig. 10 QRコード表示デバイスとシリンジポンプ（正面図）



Fig. 11 QRコード表示デバイスとシリンジポンプ（背面図）



Fig. 12 QRコード表示の様子

4-6.電池の持続時間の測定

4-4でも触れたが、このデバイスは加速度の変化を検知するまで待機状態にし、QRコードの表示時間を極力抑えるオンデマンドモードにより電池の消費を抑えている。

この方法にどれだけの効果があるのか、また、現時点のデバイスではどの程度の時間、電池を交換せずに連続使用が可能であるのかを調べた。Fig. 12がその結果である。

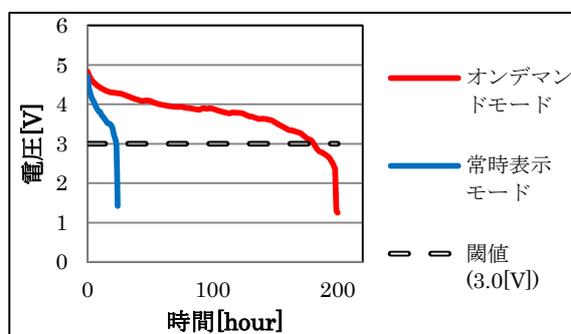


Fig. 12 電池の持続時間の比較

このデバイスでは、単3乾電池3本から作り出した4.5VをMCUBoardの内蔵レギュレータに入力して3.3Vに降圧して使用している。このため、電池の電圧が3V以下になるとデバイスは使用不可となる。

Fig. 12から分かるように、常時表示モードでは約22時間で使用不可になるのに対し、オンデマンドモードでは約180時間、およそ一週間程度使用可能であることが分かった。このことから、加速度監視によるオンデマンドモードは電池の持続時間の増加に効果的であるが、一週間に一度は電池の交換が必要となるため、さらに改良が必要であることがわかった。

5. 評価

2013年2月14日～16日に長野県大町市で行われた新生児呼吸器・モニタリングフォーラム²⁾において、今回開発したデバイスの展示を行った。その際、医療関係者並びに医療機器メーカーの方々48人にアンケート形式で本システムについての評価を頂いた。その結果をFig. 13、Fig. 14に示す。

本システムに対する興味は、『興味がある』、『少し興味がある』を合わせて98%という結果になり、本システムの有用性が確認できた。本システムの導入については票が分かれたが、電子カルテによりシリンジポンプの運用情報を管理している病院の関係者の方々からはぜひ導入したいという意見が寄せられた。

他にもシステム形状の改善や電池の持続時間の検証などについての意見も得られた。今後、検討し、改善していく予定である。

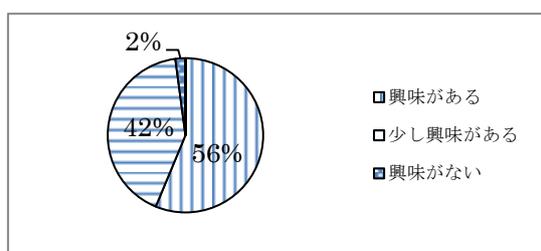


Fig. 13 QRコードを用いたシリンジポンプの流量認証システムに対する興味

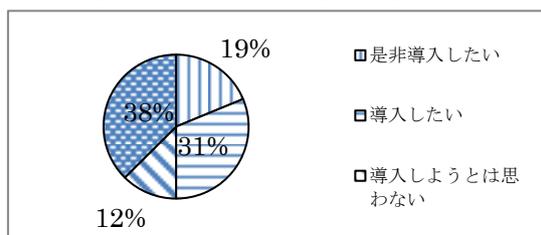


Fig. 14 QRコードを用いたシリンジポンプの流量認証システム導入への意欲

6. おわりに

本研究において、シリンジポンプと通信し、その流量設定値をQRコードで表示するデバイスの開発を行った。また、そのQRコードをバーコードスキャナで読み取り、NICU部門の電子カルテに正しく値が転送され、実運用が可能であることを確認した。今後は、現場で実運用を通して評価を行い、本デバイスの改良を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、和山ネットワーク研究所ならびに青森県立総合周産期母子医療センターのご協力のもと行われた。ここで感謝の言葉を示す。

参考文献

- 1) JIS X 0510, 二次元コードシンボル-QRコード-基本仕様, 2004
- 2) 網塚貴介, 和山正人, 小林健太, 釜谷博行, ”シリンジポンプ流量設定情報の液晶バーコード化による流量認証システム構築の試み”, 第15回新生児呼吸療法・モニタリングフォーラム, 2013