

LabVIEW を用いた鋼板厚さの非接触測定システムの構築

情報処理部門 藤田義人

1. 業務依頼と目的

不可動であるレーザー変位計装置を使用できる状態に戻し、新たに LabVIEW を用いて制御プログラムを作成する。

2. 要求仕様

測定範囲 **25mm×75mm** ピッチ幅 1mm
自動測定機能 3次元座標の CSV 出力

3. ハードウェアについて

レーザー変位計装置はレーザー変位センサ、ステッピングモーター、XY ステージ、フォトセンサー、PC98、PLC から構成されている（図 1）。この内、PC98 と PLC は動作不良のため廃棄し、新たに National Instruments AD デバイス USB-6009 と自作ハードウェアを追加した。

4. ソフトウェアについて

今回作成したプログラムは常時信号監視とステートマシンの2つから構成されている。常時監視しているものはフォトセンサーからの信号で、これは XY ステージが移動範囲外にならないようリミッターとして機能している。

ステートマシンは待機状態・測定中・CSV 書き込み・エラー等のステートからなり、ステート内の条件によって次のステートに移行するようプログラムされている。

5. まとめ

作成したプログラムの操作画面を図 2 に示す。プログラムは依頼者の要求通りの仕様を実現することができた。



図 1 レーザー変位計装置

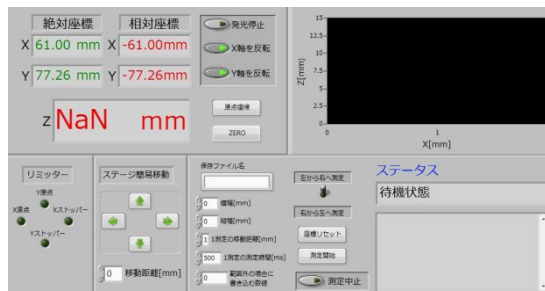


図 2 制御プログラムの操作画面

LabVIEWを用いた鋼板厚さの 非接触測定システムの構築

茨城大学工学部 技術部 情報処理部門
藤田 義人

1. 業務依頼の内容

都市システム工学科（土木学科）所属の研究室からの依頼

不可動であるレーザー変位計装置を
使用できる状態に戻してほしい

この装置は10年前に300万円で購入したもので、
レーザー変位センサとXYステージで構成されている。

装置の状態

・制御部(PLC)が解析不能。

・データの取得を行っていた
PC-98が故障。

制御プログラムを作る必要がある



1.1 依頼者の使用用途

研究室によると...

測定対象（試験片）

鋼製可動堰に使われていた鋼板

鋼製可動堰とは

水をせき止める目的で川に建設され、水門等の可動部分を持つもの

鋼板の厚さを測定

引張試験を行い試験片を破断

破断後にも鋼板厚さを測定

破断箇所と鋼板厚さの
最小値・平均値・分布との関係性を考える



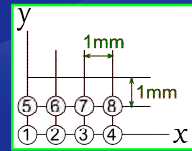
試験片

1.2 制御プログラムの仕様

依頼者からの要求仕様をまとめると...

- ・格子状に非接触で
鋼板厚さの測定
- ・測定範囲 25mm×75mm
- ・ピッチ幅 1mm
- ・自動測定機能
- ・3次元座標をCSV出力
X, Y, Z (厚さ)

以上の5つ



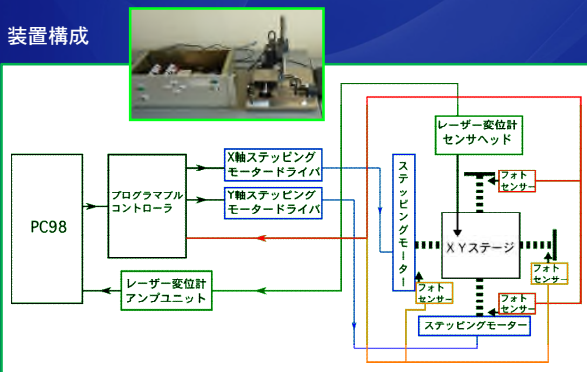
格子状に測定

| | X[mm] | Y[mm] | Z[mm] |
|---|-------|-------|-------|
| ① | 0 | 0 | *** |
| ② | 1 | 0 | *** |
| ③ | 2 | 0 | *** |
| ④ | 3 | 0 | *** |
| ⑤ | 0 | 1 | *** |
| ⑥ | 1 | 1 | *** |
| ⑦ | 2 | 1 | *** |
| ⑧ | 3 | 1 | *** |

CSV出力イメージ

2. 装置について

装置構成



2.1 装置構成①

XYステージ

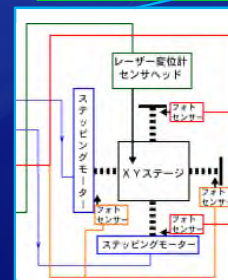
X軸(左右)方向とY軸(縦)方向に動く
位置決めステージ。
可動範囲 89mm×89mm。

フォトセンサー

オムロン製EE-SPY402。
検出物体によって光が変化したのを検知。
XYステージのリミッターとして使用。

レーザー変位センサ

キーエンス製LK-080。
非接触で対象物までの距離を測定。
ステージ面までの距離との差から
測定対象の厚みを算出。



2.2 装置構成②



PLC(プログラマブルロジックコントローラ)

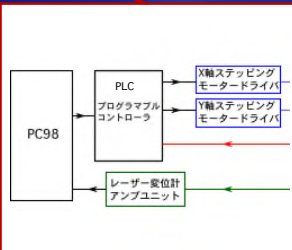
キーエンス製KZ-300。
装置の制御・自動化に使用。
専用の開発ソフトによるプログラムが必要。

レーザー変位計 アンプユニット

キーエンス製KZ-2100。
センサからの信号をアナログ出力。
ディップスイッチで機能選択が可能。

ステッピングモーター

オリエンタルモータ製UPD554-NA。
正確な位置決めで使用。
運動量は入力パルスの数に比例。



6/22

3. ハードウェアの構築

動作確認

正常に動作した物

- ・レーザー変位センサ
- ・ステッピングモーター
- ・XYステージ
- ・フォトセンサー

動作しない物

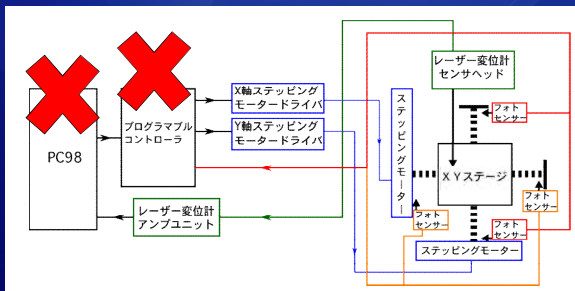
- ・PC98
- 起動しない。

- ・PLC(プログラマブルロジックコントローラ)
- 専用開発ソフト紛失。動作確認不能。

7/22

3.1 構成図 Before

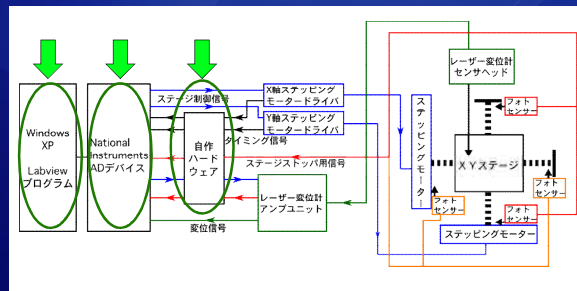
PC98とPLC(プログラマブルロジックコントローラ)を廃棄



8/22

3.2 構成図 After

新たにノートPC(WindowsXP),
National Instruments ADデバイス, 自作ハードウェアを追加



9/22

3.3 入出力信号

レーザー変位センサ

- ・アナログ電圧出力 端子
測定範囲に対して±5Vの範囲で出力。 → **アナログで取得**
- ・オートゼロ入力 端子
アナログ出力を強制的に0Vにする機能。 → **デジタルで制御**

ステッピングモーター

- ・パルス信号入力 端子(時計回りと反時計回り)
1パルス当りモーターが0.72°回転。 → **デジタルで制御**
- ・励磁タイミング信号出力 端子
電源投入時と同じ相が励磁されると出力。 → **デジタルで取得**

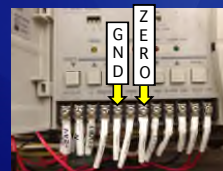
フォトセンサー

- ・出力端子
通常は24V, 物体を検出すると0V。 → **デジタルで取得**

10/22

3.4 レーザー変位センサの信号

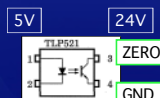
- ・オートゼロ入力 端子 ← **自作ハード** ← **ADデバイス**
(フォトカブラ)



オートゼロ入力端子とGND端子が
短絡すると、アナログ出力が0Vになる。
短絡・開放をPCから制御したい...

フォトカブラを使用

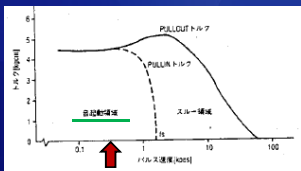
- ・フォトカブラ
入力された電気信号を発光素子によって光に変換し、
その光を受光素子に送る事により信号を伝達する。
構造上、入力端と出力端は電氣的に絶縁されている。



11/22

3.5 ステッピングモータの信号①

・パルス信号入力端子 ← ← ← ADデバイス



パルスはデジタル出力の切替で生成。
移動量に応じてパルスの数を調整。
例. 1mmの移動には250パルスの入力

Labviewでは待機時間の最小単位が1ミリ秒のためパルス速度は0.5kpps。
左の図によると0.5kppsは自起動領域内なので、問題なく制御できる。

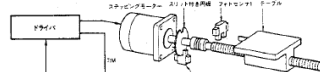
3.6 ステッピングモータの信号②

・励磁タイミング信号出力 端子 → 自作ハード (プルアップ抵抗) → ADデバイス

励磁タイミング信号とフォトセンサーの出力が両方ともオンになるところを原点とする機能に使用。

機械原点検出への応用
モーターシャフト位置およびモーターの励磁状態を一定にする機械原点の検出が必要なお使いください。
ステッピングモーターはオープンループで正確な位置決めができませんという特徴ですが、ミクロ的に見た場合、ステップ毎の角度精度のバラつきが微細となります。
(角度精度は±5分以内)
このような場合に、できるだけ角度精度を一定に押える方法として、常に一定の位置でスタートし、一定の励磁状態で停止させるという使い方があります。

機械原点センサに加えて、モーターシャフトの位置検出をおこなうスリット付き円板とこの励磁タイミング出力とでAND回路を構成し、3つの信号がオンになったボイコードを機械原点とする方法です。
・フォトセンサはモーターシャフト1回転分の検出幅が必要です。
・スリット付き円板のスリット幅は27°以内とします。



原点復帰機能

毎回同じ位置を(X,Y)=(0,0)とできる

3.7 フォトセンサーの信号

・出力 端子 → 自作ハード (プルアップ抵抗) (フォトカプラ) → ADデバイス

フォトセンサーをXYステージの端に設置することで...

XYステージを検出すると移動を強制的に停止。リミッター機能
無理に範囲外に移動させると故障の原因となる。

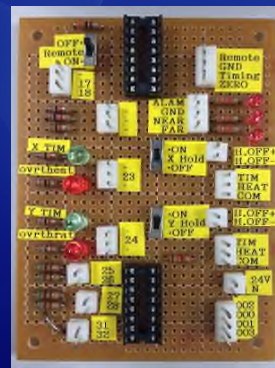
そこで...

可動範囲内をHigh, 可動範囲外をLowとした。

出力端子-ADデバイス間で断線した場合 (信号なし=Low), 可動範囲外と認識し、停止。

故障時に安全側に倒れる設定

3.8 自作ハードウェア



4. ソフトウェアの構築

ADデバイスの選定 → National Instruments USB-6009

仕様

| | |
|--------------|------------|
| アナログ入力 | |
| シングルエンドチャンネル | 8 |
| 差動型チャンネル | 4 |
| アナログ入力分解能 | 14ビット |
| 最大電圧範囲 | -10V ~ 10V |
| 精度 | 7.73 mV |
| 最小電圧範囲 | -1V ~ 1V |
| 精度 | 1.53 mV |
| 基底レンジ数 | 8 |
| 同時サンプリング | No |
| オンボードメモリ | 512 B |

レーザー変位センサ仕様
分解能 1mV (3 μm)
アナログ出力範囲 ±5V

0.6mV(±5V範囲)

USB-6009はセンサより分解能が高いセンサの出力範囲より広い

| | |
|-----------|--------|
| デジタルI/O | |
| 双方向チャンネル | 12 |
| 入力専用チャンネル | 0 |
| 出力専用チャンネル | 0 |
| タイミング | ソフトウェア |
| 論理レベル | TTT |

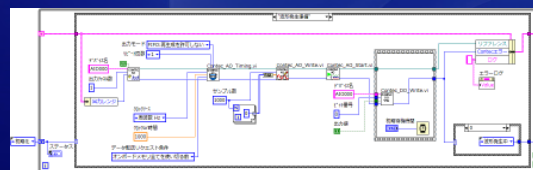
5V → High
0V → Low

4.1 LabVIEW

計測・制御システムの開発に使用されているグラフィカルプログラミング言語。

アイコンとワイヤーを使用するフローチャートに似た直感的なインターフェースが特徴。

今回はADデバイスとUSBで通信を行う。



テキスト言語のソースと同等のもの

4.1 LabVIEWプログラム

今回作成したプログラムは大きく分けて
常時監視とステートマシンの2つから構成されている。

常時監視 (常にループ)

- ・フォトセンサー×4 (X軸ストッパ両端 Y軸ストッパ両端)
- ・座標の表示

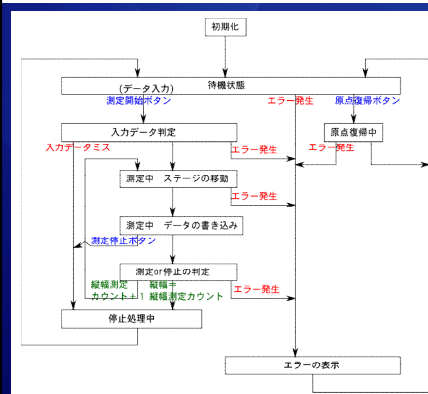
ステートマシン

- ・初期化
- ・待機状態
- ・測定
- ・停止
- ・原点復帰
- etc...

ステートマシンとは…
複数の状態(ステート)があり、
ユーザの入力やステート内の計算によって、
次にどのステートに移動するか決定。

18/22

4.2 ステートマシン



ソフト起動
初期化(1回のみ)

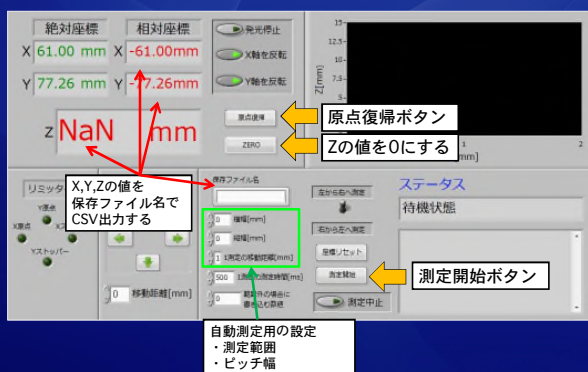
待機状態
ユーザーが押すボタン
によって次の状態へ

[測定開始ボタン]
測定が終わるまで
ステージの移動と
データの書き込みを
繰り返す。

測定が終わると
停止処理をしてから
待機状態へ戻る

[原点復帰ボタン]
原点位置まで
XYステージが移動し、
座標をリセットする。

4.3 操作画面

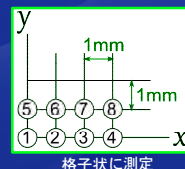


20/22

4.4 実装した機能

要求仕様

- 格子状に非接触で鋼板厚さの測定
- 測定範囲 25mm×75mm
- ピッチ幅 1mm
- 自動測定機能
- 3次元座標をCSV出力 X, Y, Z (厚さ)



| | X[mm] | Y[mm] | Z[mm] |
|---|-------|-------|-------|
| ① | 0 | 0 | *** |
| ② | 1 | 0 | *** |
| ③ | 2 | 0 | *** |
| ④ | 3 | 0 | *** |
| ⑤ | 0 | 1 | *** |
| ⑥ | 1 | 1 | *** |
| ⑦ | 2 | 1 | *** |
| ⑧ | 3 | 1 | *** |

CSV出力

以上5つの要求仕様を
すべて満たした。

21/22

5. まとめ

- ・10年前に購入し、不可動であったレーザー変位計装置(価格300万円)を使用できる状態に戻した。
- ・動作しないPC98とPLCの代わりにADデバイスと自作ハードウェアを追加した。
- ・LabVIEWを用いて制御プログラムを作成した。
- ・依頼者の要求通りの仕様を実現した。

22/22