

## データ回路方式で記述した制御ソフトウェア仕様からの プログラム自動生成

4C-13

谷澤智直 水谷高康 藤井友康

株式会社デンソークリエイト

### 1. はじめに

「データ回路方式」は電子回路のような回路図を用いて仕様を記述するソフトウェア設計手法であり、主に制御ソフトウェアの分野を対象としている。<sup>[1][2]</sup>

「データ回路方式」の特長のひとつに、曖昧さを排除した仕様記述が可能であることがあげられる。このためデータ回路で記述した制御仕様からプログラムへの変換を容易におこなうことができ、ソフトウェア開発サイクルのコーディング工程の自動化を進めることができる。

本稿では「データ回路方式」を用いて回路図として記述された制御ソフトウェア仕様からC言語のプログラムを自動生成する手法について述べる。

### 2. 自動生成の考え方

データ回路における回路素子には、基本素子と組み合わせ素子がある。基本素子はプリミティブな素子であり、データを内包することができ、各端子が信号を受信した時の動作が予め規定されている。組み合わせ素子は、基本素子や別の組み合わせ素子から構成され、データ回路の階層化を提供している。

自動生成の考え方として、データ回路をプログラムとして生成する時に、データを変数、端子が信号を受信した時の振る舞いを関数、結線関係を関数の呼び出し関係ととらえる。

また、生成プログラムは、基本的にデータ回路の構造をそのまま写像した構造を持つものとす

る。これにより可読性が向上し、プログラムの保守が容易になる。制御システムで使用されることを考えると、実行速度・プログラムサイズにおいて高い性能を求められることになるが、これは後述する「ダイエット」により対応する。

### 3. 生成の基本構造

データ回路における信号線には、トリガ線とデータ線がある。トリガ線には動作の駆動を通知するトリガ信号と完了を通知する完了信号が流れ、データ線にはデータの取得を要求するアクセス信号とデータそのものを伝えるデータ信号が流れる。これらの信号と生成するプログラム構造の関係を次のように定義する。

- アクセス信号の伝達を、伝達先の端子に対応する関数を呼び出すことととらえる。
- データ信号の伝達を、その関数から戻ることととらえる。データ値は戻り値として表現される。
- トリガ信号の伝達を、伝達先の端子に対応する関数を呼び出すことととらえる。
- 完了信号の伝達を、その関数から戻ることととらえる。

これにより、生成するプログラムは、各端子に対応する関数の集合となる。組み合わせ素子の端子に対応する関数は、トリガ信号・アクセス信号の伝達先の端子に対応する関数を呼び出す関数として生成し、基本素子の端子に対応する関数は、基本素子ごとにあらかじめ定義されている雛形を、実際の結線関係に基づいて変形して関数として生成する。図1のデータ回路からこの規則により生成したプログラムを図2に示す。

回路の内包するデータは、全て大域変数として生成する。これは後述する「ダイエット」により、同じ素子の端子に対応する関数のみがおの変数にアクセスするとは限らないからである。

#### 4. 効率化

以上で述べた手法により生成したプログラムは、先に示した考え方から容易に推測できるように、関数の呼び出しが多発し、実行速度・プログラムサイズにおいて効率が悪い。そこで生成プログラムの性能を向上させるための手法として「ダイエット」をとり入れる。

「ダイエット」は、削除しても回路全体の振る舞いに影響を与えない次の端子（に対応する関数）を削除することによっておこなう。

- ・信号の中継のみをおこなう端子（例えば図1のE2, D2)
- ・接続されていない端子
- ・振る舞いが簡単な基本素子の端子

しかし実際に関数を削除してしまうとプログラムと回路の構造との対応がわかりにくくなるため、関数をマクロに変更して出力することにより、コンパイル時に展開され削除されるようにする。

「ダイエット」を有効にした場合に図1のデータ回路から自動生成されるプログラムを図3に示す。

#### 5. 効率化の評価

我々は、以上で述べた自動生成機能を実装し、ダイエットの有無が自動生成プログラムにどの程度影響を与えるかを調査した。調査は、自動生成したプログラムを市販のC開発環境でコンパイルし、得られた実行形式の実行時間と、オブジェクトファイルのサイズを測定することによりおこなった。なお、調査に使用した回路は、2段階の階層構造を持ち全体が9つの基本素子より構成されるものである。

調査の結果は表1のようになった。これにより、ダイエットは効果的であると評価できる。

表1 ダイエットの有無による性能の比較

	なし	あり	比率
サイズ(byte)	28349	17664	2/3
時間(sec)	200	99	1/2

#### 6. おわりに

本稿では、「データ回路方式」で記述されたソフトウェア仕様からプログラムを自動生成する手法を示した。さらに「ダイエット」により生成プログラムの効率化を行っていることを示した。今後は、熟練したプログラマにより作成されたプログラムとの比較調査をすすめ、本手法の有効性を確認するとともに、一層の効率向上をおこなっていく。

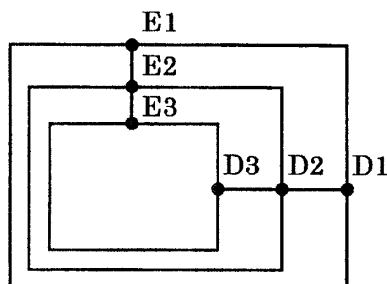


図1 生成対象データ回路

<pre>void E1() {     E2(); } void E2() {     E3(); } int D1() {     return D2(); } int D2() {     return D3(); }</pre>	<pre>#define E2() E3() #define D2() D3() void E1() {     E2(); } int D1() {     return D2(); }</pre>
--	--

図2 生成プログラム (ダイエットなし)      図3 生成プログラム (ダイエットあり)

#### 参考文献

[1] 藤井, 水谷: データ回路方式の提案—回路図を用いた制御システム設計手法—, 1996年度電気関係学会東海支部連合大会, 628 (1996).

[2] 水谷, 藤井: データ回路方式による制御ソフトウェア仕様記述方法, 情処 54 全大, 4C-12 (1997).