

論文の内容の要旨

論文題目 補関数によるプログラムの双方向化に関する研究

氏名 松田 一孝

双方向変換は、元のデータの一部を抽出し加工する順方向変換と、順方向変換で得られたデータに対する更新を元データに反映する逆方向変換の二つの変換から構成される。双方向変換を用いることで、XML 文書の同期や相互変換を行える。さらには、双方向変換はプレゼンテーション指向の文書作成やソフトウェアエンジニアリングにも利用できる。しかし、順方向変換に対し、「振る舞いのよい」逆方向変換を与えるのは難しい。元データへの更新の反映は、たとえば「更新された元データにふたたび変換を適用すると更新を行った変換後のデータと等しい」、「変換後のデータの構築に関係ない部分を変更しない」などの順方向変換に対し何らかの整合性を保たなければならない。また、仮に逆方向変換が与えられたとしても、その動作が振る舞いのよいものであるかを確認するのも容易ではない。さらには、ある順方向変換に対して双方向に動作する逆方向変換は一つとは限らず、逆方向変換の中には、振る舞いはよいもののほとんどの更新を反映することができず効果的でない逆方向変換も含まれる。よって、順方向変換から、振る舞いがよく効果的な逆方向変換を求める手法が求められている。

近年、木構造データ上の双方向変換の重要性は増してきている。特に木構造データの一つである XML は広く普及しており、様々なアプリケーション間のデータ受け渡し用のデータの事実上標準となっている。それぞれのアプリケーションが異なる形式の XML を要求していることも多いため、XML を様々な形式に変換できると便利である。また、そういった場合に、変換後のデータの上でなされた更新を元のデータに反映することができればさらに便利である。

これまで、順方向変換に対し「補関数」という関数を与えることで、振る舞いのよい逆方向変換を定められることが知られていた。直観的には、補関数とは、「副作用のない」更新の反映を特徴付けるため導入された概念であり、元データのうち順方向変換の結果の構築に関係のない部分を全て抽出する関数である。よって、補関数値を不変に保つことで、変換結果に関係のない部分を変更することなく元データを更新することができる。しかし、数学的な関数としてではなく実行可能なプログラムとして補関数を求める議論は少ない。これまで、関係データベース上の問い合わせについて補関数を問い合わせの形で求める研究はあったものの、木構造データに対する変換プログラムに対する補関数プログラムの導出についての議論はなかった。また、補関数プログラムが仮に求

まったとしても、数学的に逆方向変換関数を定義する場合とは違い、逆方向変換プログラムを求めるのは容易ではない。

本論文では、我々は特定のクラスの関数型言語で記述された木構造データ上の順方向変換プログラムから補関数プログラムを導出し、それに基づき逆方向変換プログラムを自動導出する「プログラムの双方向化」手法を提案する。提案手法は順方向変換の単射性に注目する。順方向変換プログラムは一般には単射ではないために、元データに変換結果の構築に関係ない部分が含まれる。補関数はこの変換結果の構築に関係ない部分を含まねばならないので、我々は、順方向変換プログラムにおける「プログラムが単射でなくなっている場所」において適切に情報を補うように順方向変換に対する補関数を構成する。

本研究の主な貢献は次の二点である。

一つ目の貢献は、順方向変換記述する言語を適切に制限することにより、プログラムを自動的に双方向化する手法を与えたことである。順方向変換記述言語は *treeless* で *affine* と制限されているものの、多くの基本的な変換を記述することができる。また、制限されているおかげでプログラムの単射性を効果的に解析することができる。プログラムの単射性を解析することにより我々は補関数が補うべき情報を適切に知ることができるため、より効果的な逆方向変換を定める補関数を導出することができる。さらに、制限により、得られた補関数プログラムから逆方向変換プログラムを導出するのも容易になっている。

二つ目の貢献は、XML 上の双方向変換を記述できるように一つ目の貢献で述べた双方向化の手法を拡張したことである。確かに、*treeless* で *affine* な言語で記述されたプログラムに対する双方向化の手法を、双方向結合子などの他の手法と組み合わせることで広範な順方向変換プログラムに適用することは可能である。しかし、そのようにして得られる逆方向変換はしばしば効果的ではない場合がある。XML の変換においては、XML の要素列の接続や変換結果の複製、そして元データの複数走査を順方向変換が含む場合に、素朴に導出した逆方向変換はあまり効果的でないものになることが多い。これらの問題箇所に対し、我々は、双方向化手法を拡張しまた適切に言語の補助を与えることにより、特定のクラスの XML 変換プログラムに対しても効果的な逆方向変換を自動導出する手法を与えた。

以上が本論文の要旨である。