

論文内容の要旨

博士論文題目

Query Preservation for Tree-Structured Data

(木構造データにおける問合せ保存)

氏名 宮原 一喜

(論文内容の要旨)

問合せ保存はデータ変換における情報保存性の一定式化である。変換(ビュー) v が問合せ q を保存するとは、ある問合せ q' が存在して、任意のデータ t に対して $q(t) = q'(v(t))$ を満たすことをいう。すなわち、ソースデータ t への問合せ q の結果を、ビューの結果 $v(t)$ から得ることができることを意味する。主にデータベース理論分野でデータベース統合に関連した問題として、問合せ保存性の決定可能性についての調査が盛んに行われている。本論文では、木構造データを対象としたビューと問合せについて、2つの点で問合せ保存性の定義をそれぞれ拡張し、それらの問合せ保存性の決定可能性について論じている。

本論文の前半では、ビューが非決定性関数であることも許すように定義した問合せ保存性について論じられている。これまでに知られている問合せ保存性はビューが決定性関数であることを前提としている。本論文では、非決定性ビューにおける問合せ保存性として、全称保存性と存在保存性が新たに定義されている。そして、ビューが先読み付き拡張線形トップダウン木変換器の合成で与えられ、問合せが決定性単項2階木変換器(DMSOT)で与えられる場合に、問合せ全称保存性が決定可能であることが証明されている。また、問合せ存在保存性については十分条件を与え、その十分条件が判定可能であるようなビューと問合せのクラスを示している。さらに、問合せが非決定性関数である場合も考慮した問合せ保存の定義とその決定可能性についても議論されている。

本論文の後半では、各頂点がデータ値をもつ木構造データ(データ木)を想定し、問合せをデータ木からデータ値の組の集合を返す関数とみなしたときの問合せ保存性について議論している。問合せ保存に関する多くの既存研究はビューと問合せは同じ型の関数を前提としている。本論文では、ビューはデータ木からデータ木への決定性関数、問合せはデータ木からデータ値の組の集合を返す関数とし、問合せの強保存性と弱保存性を定義している。ビュー v が問合せ q を強保存するとは、ある問合せ q' が存在して、任意のデータ t に対して $q(t)$ と $q'(v(t))$ が集合等価であることをいう。一方、 v が q を弱保存するとは、ある q' が存在して、任意の t に対して $q(t)$ が $q'(v(t))$ に包含されることをいう。ビューがデータ付き決定性線形トップダウン木変換器(DLTT^v)、問合せが木オートマトンの実行に基づく n 項問合せ(n -RQ)で与えられるとき、弱保存性の判定問題はcoNP-完全、強保存性の判定問題は二重指数時間可解であることを示している。また、ビューのクラスを先読み付き決定性線形トップダウン木変換器に広げてもどちらの問合せ保存性も決定可能であることを示している。

| | |
|----|-------|
| 氏名 | 宮原 一喜 |
|----|-------|

(論文審査結果の要旨)

データベースの長期運用においては、属性の追加や分割等の構造の変更操作や、データ保護のために属性の一部のみを公開する等の操作が必要となることがある。本要旨ではこれらの操作をビューと総称する。ビューをほどこした後のデータベースはもとのデータベースの情報を保存していることが望まれる。そこで、情報保存性を適切に定義し、さらに、与えられたビューが情報保存性を満たしているかどうかを判定する手法を考察することは重要な課題である。

情報保存性の定義の一つとして問合せ保存性が知られている。ビュー v が問合せ q を保存するとは、ある q' が存在して、任意のデータベース t に対して $q(t) = q'(v(t))$ を満たすことをいう。既存研究では、ビューおよび問合せがそれぞれ、決定性木変換器の部分クラスで与えられるときに、問合せ保存性の判定可能性について論じられてきた。本論文ではこれを踏まえ、問合せ保存性の判定問題について以下の成果を得ている。

本論文前半では、ビューや問合せが非決定性の計算モデルで与えられるときの問合せ保存性の判定問題について論じられている。まず、ビューが非決定性である場合の問合せ保存性として、全称保存性と存在保存性の二つが定義されている。そして、ビューが先読み付き拡張線形トップダウン木変換器の合成で与えられ、問合せが決定性単項2階木変換器(DMSOT)で与えられるとき、問合せ全称保存性が判定可能であることが証明されている。次に、ビューが有限値線形ボトムアップ木変換器で与えられ、問合せがDMSOTまたは先読み付き決定性トップダウン木変換器で与えられる場合に、問合せ存在保存性の判定可能な十分条件が与えられている。さらに、ビューに加えて問合せも非決定性である場合について、問合せ保存性の定義が拡張され、いくつかの場合について問合せ保存性の判定可能な十分条件が与えられている。

本論文の後半では、問合せが木オートマトンの実行に基づく n 項問合せ(n -RQ)で与えられる場合の問合せ保存性の判定問題について論じられている。 n -RQでは、特定の条件を満たす値の組を取り出す問合せを記述することができる等の利点がある。本論文ではまず、ビューや問合せがデータを扱えるようにするため、ビューのモデルとしてデータ付きトップダウン木変換器(TV)が導入され、強保存性と弱保存性が定義されている。そして、ビューが決定性線形TVで与えられ、問合せが n -RQで与えられる場合について、強保存性が二重指数時間可解であること、および、弱保存性がcoNP完全であること等が示されている。

以上の通り、本論文で提案された手法と得られた結果は、構造化データを扱うデータベースの長期運用技術の基礎、とりわけXMLデータベースの問合せ保存性の判定問題に重要な知見を与えており、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。