

Title	オントロジー工学における因果性：その機能的観点
Author(s)	豊島, 史彬
Citation	
Issue Date	2019-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/16062
Rights	
Description	Supervisor : 池田 満, 先端科学技術研究科, 博士

氏 名	豊島 史彬
学 位 の 種 類	博士(知識科学)
学 位 記 番 号	博知第 251 号
学 位 授 与 年 月 日	令和元年 6 月 24 日
論 文 題 目	オントロジー工学における因果性：その機能的観点
論 文 審 査 委 員	主査 池田 満 北陸先端科学技術大学院大学 教授
	東条 敏 同 教授
	橋本 敬 同 教授
	水本 正晴 同 准教授
	今井 健 東京大学 准教授

論文の内容の要旨

Causation is shrouded in mystery. Notwithstanding much work on causation in a number of different domains, it remains a challenge to build an adequate theory of causation for ontology engineering. This dissertation aims to offer a functional perspective on causation, thereby enabling domain experts to have a fairly expressive representation of multifarious causal phenomena. As for its theoretical basis, causation is modeled upon the device ontology view of reality, assuming an intimate connection between causation and context. Combined in order with the device-ontological understanding of change, the systemic-functional notion of lawhood, and the systemic conception of function as goal achievement, this fundamental idea finally leads to the conceptual mapping of causation onto function and the **achieves** causal relation (as well as the **prevents** causal relation). Underpinned by the idea of ‘causally efficacious occurrents’, the **achieves** causal relation can hold between a specific pair of three subtypes of occurrents: events, processes, and states.

In addition, an expressive causal representation is practically developed based on the observation that an ontological modeling of causation would be particularly useful for expressing causal chains of various phenomena. This contributes to the precondition-for relations and the development of indirect causal relation (**allows** and **disallows**) that are based on direct causal relations and that are diagrammatically conceptualized as the Configuration of State-mediated Causation (CSC). These four kinds of causal relations are conceptually organized in the form of the functional square of causal relations. Those accomplishments are supported by the idea of a state-centered approach to causation. The explanatory force of the proposal is shown by its ability to accommodate a wide variety of examples extracted from the relevant literature. The dissertation also provides a preliminary formalization of these four causal relations and takes the first step towards a full-fledged functional theory of causation in ontology engineering.

To illustrate the application of the functional view of causation, the causal evolution of the River Flow

Model (RFM) of diseases is attempted so that careful consideration of the relationship between disease and causation can be given. In biomedical ontology research, a disease ontology is built to meet a high demand for a common semantic framework in which an increasing amount of medical information and data are shareable among different information systems. An accurate conceptualization of disease is thus helpful for the robust construction of disease ontologies; but disease nevertheless remains an elusive notion from an ontological viewpoint. Against this background, the RFM was proposed around 2010 to explain the disease notion that has a close affinity with medical practitioners' typical understanding of disease. The core idea of the RFM is that a disease is a dependent continuant constituted of causal chains of abnormal states. For instance, diabetes is a dependent continuant whose causal chains have as part the causal relation between the state of the deficiency of insulin and the state of the elevated level of glucose in the blood. The practical utility of the RFM is indicated by its active domain-level implementation for the last decade. One remaining theoretical problem with the RFM is its explicit reference to the notoriously difficult concept of causation. The application of the functional perspective on causation to the RFM leads to the improved RFM conception of disease: a disease is constituted of abnormal states to which events, processes, and states bear either the **achieves**, **prevents**, **allows**, or **disallows** causal relation.

With knowledge as its key concept, knowledge science aims to offer a systematic understanding and facilitation of the creation, exploitation, and the accumulation of knowledge involved in individuals as well as in society. The dissertation contributes to knowledge science by building a common ground for representing different causal phenomena in different domains and facilitating an integration of and an interdisciplinary collaboration across research fields dealing with the concept of causation. It also furthers the causal underpinning of the RFM, thereby not only enhancing the interoperability and flexibility of an increasing amount of disease-related data and information but also showing the practical potential for creating of medical knowledge in the long run.

Keywords: causation, function, the River Flow Model (RFM) of diseases, biomedical ontology, ontology engineering

論文審査の結果の要旨

因果性は、多種多様な現象をモデル化するうえで重要な概念であるとして様々な学問分野において研究されてきた一方、因果性への各アプローチが前提とする概念的かつ根本的前提を明確にすることはこれまで困難であった。本論文の目的は、哲学的知見に基づくことでドメイン固有の情報や知識の一般性・再利用性を高めるオントロジー工学の分野において、因果概念に対するオントロジー的分析を与えることにある。そのための手法として、ドメインオントロジーを構築する際のガイドラインとなり一般的な概念のみで構成された

上位オントロジー、中でも哲学的厳密性と工学的有用性との両立を特徴とする Yet Another More Advanced Top-level Ontology (YAMATO) を活用した。

本論文が提示する「機能的因果理論」は、YAMATO に立脚した「コンテキスト依存のゴール達成 (goal achievement)」を中核にすえる機能概念と類比的に因果性をとらえることを理論的基軸とする因果のオントロジーである。その結果、最も基礎的な因果関係としての **achieves** が提案され、かつ YAMATO が有する生起物（出来事）の下位分類であるイベント・プロセス・状態に基づいた **achieves** 因果関係の項の分析がなされることで因果性の明確化が行われる。さらに、工学的に有用な因果表現（語彙）を得るという動機づけのもと、**prevents**・**allows**・**disallows** という他の三つの因果関係も提出される。とりわけ後二者については、日常生活における因果現象の多くは状態を媒介している観察に基づき、状態を中心とした因果性への独自のアプローチに沿って定義された因果関係として特筆に値する。さらに、機能的因果理論の応用例として、生物医学オントロジー研究における疾患の一般モデルである「疾患の河川流モデル」が立脚する因果概念を機能的観点から明示化することを通じて、河川流モデルにおける従来の疾患の定義を改善することが試みられている。

本論文は、オントロジー工学においてはきわめて包括的な因果的考察を与えることによって、各分野における因果理論を比較そして統合するための参照点として、知識の活用を目的とする知識科学に対して大きな学術的意義を有するものである。また、生物医学分野への機能的因果理論の応用は、一般的疾患表現のためのオントロジーモジュールの構築の第一歩といえるものであり、長期的には疾患関連データの相互互換性・柔軟性を高める契機となりうるとして高く評価できる。

以上のように、本論文はオントロジー的手法を用いて現実世界のモデル化にとって重要な因果概念の詳細な分析を行うことで、知識科学を中心とする広範囲な分野への学術的貢献がうかがえるものである。それゆえ、博士（知識科学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。