

# 目的指向性に基づく人工物・生体・社会的組織・行為・サービスの 統一的モデル構築の試み

## Towards a Goal-oriented Unified Modeling Framework for Artifacts, Organisms, Social Organizations, Actions and Services

來村 徳信<sup>\*1</sup>  
Yoshinobu Kitamura

溝口 理一郎<sup>\*2</sup>  
Riichiro Mizoguchi

<sup>\*1</sup> 大阪大学 産業科学研究所  
I.S.I.R., Osaka University

<sup>\*2</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

This article ontologically discusses a unified modeling framework from the goal-oriented point of view. In this view, the parts (components) perform goal-oriented effects which contribute to the achievement of an assumed goal of a larger system. The targets of the modeling include artifacts such as engineering products, social organizations such as a school, human actions, and organisms such as a human body. The consideration is based on “systemic function”, which we have proposed in previous papers, as a core notion both of artifact functions and of biological function. We try to establish the modeling framework generalizing this notion.

### 1. はじめに

近年、社会における人間と人工物の役割を考慮し、さまざまな価値観に基づいた目的に応じて、適切な社会的システムをデザインすることが求められている。その要素は、人間、人工物、社会的組織などであり、それらの行為・機能・サービスなどを扱う必要がある。そのためには、それらの構成要素を統一的にモデル化し、その役割を統合的に表現するモデルが必要である。

本研究は、社会における組織や人間やそれらの活動・行為と人工物との関係性を、統一的なシステムのモデル (Socio-technical system (STS) [De Greene 73, Vermaas 11]) と呼ばれるとして捉える枠組みの構築を目標としている。このようなモデルを、さまざまな価値観に基づいた目的に沿って、人間活動を含む社会システムをデザインするための基盤的モデルとして提供することを目指す。そのモデルは、人工物、人間、社会的組織、人体などの部分要素と、それらの全体の「目的」への貢献する役割を果たす関係を、統一的な枠組みで表す。

そこで、本稿では、従来から考察を行ってきた人工物と生体の機能に共通するシステム機能概念 [Mizoguchi 12, 溝口 12a] を拡張した「目的指向作用」概念に基づいた統一的モデルについて基礎的な考察を行う。また、人間の行為のモデルとして提案してきた CHARM [西村 15] とその拡張モデルである Dual Goal Model [西村 14] を含むような包括的モデルを示す。

### 2. 論点

本稿での統一的モデルに向けた論点は、「目的」(ゴール) という概念の(人間の)意図依存性である。例えば、人工物は設計者の意図に基づいて存在目的として特定の「機能」を持っており、その利用目的は使用者の意図に基づいている。一方、例えば人体や自然発生的な社会的システムは、意識的に設計されたものではないため、「意図に基づいた目的を持っている」とはいいがたく、意図に依存していない。ここに、「目的」「意図」「機能」といった諸概念に関する存在論的問題が存在する。

工業製品、組織、サービスの場合は、一般的に設計行為において、全体が達成すべき目的が所与のものとして与えられ、設計エージェントによって各部分要素の同定とそれらが果たすべき役割が割り当てられる(「規定された役割」と呼ぶ)。このような設計物の場合には、設計、(あれば)製造、使用(実行)が正常に行われたときに、その設計者の意図に基づく「規定された役割」を果たすように実際の機能・行為が実行され、全体の目的が達成される。しかしながら、使用の仕方によっては設計者の意図とは異なる目的を達成するように使われることがある。人工物の機能に関する研究は多いにも関わらず統一的定義はないが、多くが設計者または使用者の意図との関連性または目的への貢献性を指摘している [Perlman 04]。

一方、社会や人体は設計されておらず、設計者エージェントの意図に依存していない。生体器官の機能に関する議論でもその点が大きな問題であり、一般に生体の機能は人工物の機能とは別に定義されてきた [Perlman 04]。システム機能 [Mizoguchi 12, 溝口 12a] は、以下で述べるように、仮定された全体の目的に対して、部分はその達成に貢献している役割を果たしているときとみなすことで、統一的な定義を可能にしている。

### 3. 統一的モデル枠組み

#### 3.1 基本的な捉え方

本稿で提案するモデル枠組みの基本的アイデアは、社会、人工物、組織、人間(人体)、サービスシステムなどにおいて、「全体の特定の目的の達成に、部分(構成要素)が貢献している」と捉えることである。この貢献に関わる作用を「目的指向作用(goal-oriented effect)」と呼ぶ。典型例は工業製品であり、部品が目的指向作用の一種である機能を達成することで、工業製品全体としての目的が実現される。また、社会的組織としての学校は、校舎などの設備や教員などの構成人員が組織の構成要素であり、設備がそれぞれの「機能」を発揮し、また、教員が割り当てられた「役割に沿った行為」を行う。これらは共に「目的指向作用」として捉えることができ、それらの発揮によって、全体としての学校組織の目的が達成される。また、サービスシステムも同様に捉えることができ、例えば、飲食店サービスにおいて接客担当の従業員が行っている席の案内や給仕などの行為は、そのサ

連絡先: 來村徳信, 大阪大学産業科学研究所, 〒567-0047  
大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1, Tel: 06-6879-8416, Fax:  
06-6879-2123, E-mail: kita@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

ービスにおける望ましい目的(満腹感を与える, 心地よくさせるなど複数ありえる)の達成に貢献するように, 行われている. さらに, 生体である人体も, 部分である心臓や血管網といった生体器官がそれぞれ機能を発揮し, それらが全体として調和していることによって人体全体が正常に働いていると, 同様に捉えることができる.

### 3.2 目的指向作用と振る舞い

目的指向作用は振る舞い(behavior)と対比して捉えられる. ここで, モデル化の対象をデバイスオンロジーに基づいてブラックボックスユニット(部品, 形状フィーチャ, 人間(行為主体), 社会的組織, 生体器官, 自然物など)が統合されたシステムとみなす. ユニットの階層的な全体-部分関係を持ち, 相対的な全体(whole)をシステム, 部分(parts)を部分ユニットと呼ぶ. 図1に部分ユニット  $A_1, A_2$  とシステム  $S$ , さらに大きなシステム  $S'$  の関係を示している.

ユニットはなんらかの対象物(operand)に対して働きかけを行い状態の変化を起こす. この状態の変化は, ユニットの入出力時点またはユニットの働きかけの前後の時点における状態の変化として捉えられ, これをユニットの「振る舞い」と呼ぶ. ユニットの振る舞いの主体と呼ばれる. ユニットの振る舞いは多くの振る舞い( $A_1$  の  $B_1$  と  $B_{1-2}$  のように)を実行する可能性がある.

目的指向作用は, この振る舞いのうち, システムの特定の目的(図中の  $G_{S_i}$ )の達成に貢献するものをいう. この目的は次項で述べるシステムックコンテキストに依存している. したがって, ある振る舞いはあるコンテキスト下では目的指向作用であり, 異なるコンテキスト下ではそうではない場合がある.

正確には, オンロジー工学のロール概念[溝口 12b]を用いて, 「部分ユニットが実行する振る舞いが, 特定の目的論的コンテキストのもとで担うロールを, 「目的指向作用」(「システムック機能」[Mizoguchi 12, 溝口 12a]はその一種)」と定義できる. 厳密には, 目的指向作用  $f_i$  は「目的指向ロール  $fr_i$  とそれを担っている振る舞い  $B_i$  から構成されるロールホルダー」である. これは, 筆者らの従来からの機能の定義[Kitamura 13]とシステムック機能[Mizoguchi 12, 溝口 12]の拡張になっている. また, 部分ユニット自体は, コンテキストに依存していない基本概念(例:人間)が, そのコンテキストで「目的指向ロール」を担っているとき, ロールホルダー(教師)となる.

### 3.3 システムック(目的指向)コンテキストとゴール

あるシステムック目的指向コンテキスト  $C$  は, それをサポートするシステム  $S$  が実行しうる複数の振る舞い  $B_{S_1}, B_{S_2}, \dots$  からひとつ  $B_S$  を選択し, それに基づいて, システム  $S$  が内部的に達成すべき状態(システム内的ゴール  $G_{S_i}$  と呼ぶ)を決定するものである. このとき, ゴール  $G_{S_i}$  の達成に各部分が協調的に貢献するように, 各部分  $A_1, A_2, \dots$  の振る舞いが実現すべき「ゴール」 $G_1, G_{1-2}, \dots$  が相互依存的に決定される. これらのゴールの内容と貢献構造は, システムックコンテキスト  $C$  に依存して決定される「実現されるべきゴール」である. つまり, 規約的または仕様的である. そのため, この構造を「目的指向仕様構造」と呼ぶ. この構造は 1 つだけではなく, 複数のものがある. それぞれを「達成方式」と呼ぶ.

実際に, 部分ユニット  $A_1$  の複数の振る舞い  $B_1, B_{1-2}, \dots$  のひとつ  $B_1$  が, アサインされたゴール  $G_1$  を満たすような「目的指向ロール」 $fr_1$  を担ったとき,  $B_1$  と  $fr_1$  から構成される「目的指向作用」 $f_1$  が発現する.

この関係は相対的であり, システム  $S$  自体の達成すべきゴール  $G_S$  は, より大きなシステム  $S'$  のシステムック目的指向コンテキスト

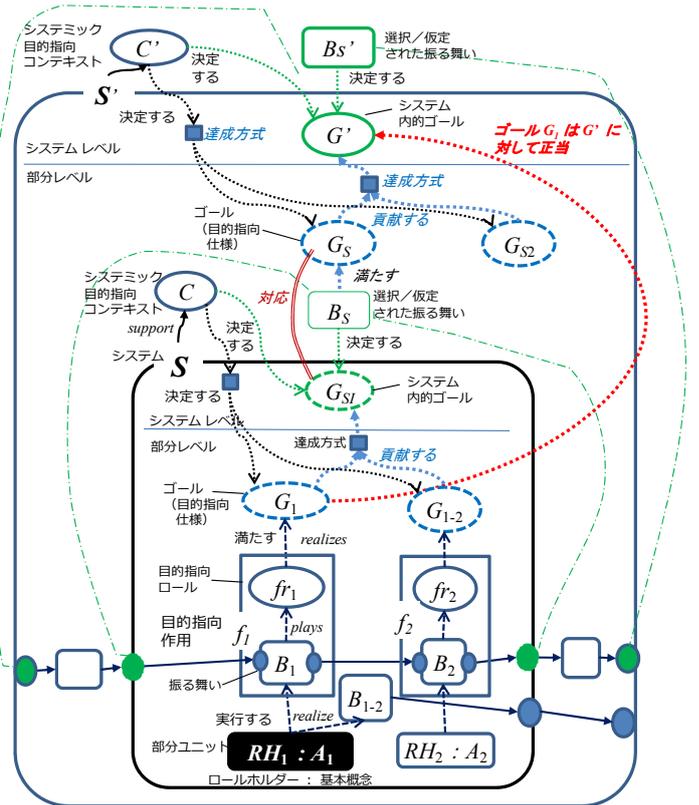


図1 目的指向モデルの枠組み

スト  $C'$  に依存して決定されるシステム内的ゴール  $G'$  に貢献するように決定される. 図示しているように, 部品のゴール  $G_1$  がシステム内的ゴール  $G_{S_i}$  の達成に貢献しており, かつ, システム  $S$  の選択された振る舞い  $B_S$  が  $G_S$  を実現しており,  $G_S$  と  $G_{S_i}$  が一致するとき, 「部品のゴール  $G_1$  はシステム  $S'$  の内的システムゴール  $G'$  に対して正当(valid)である」という. この正当性の判定は任意の階層的に行われるもので, このように目的指向仕様構造が選択/決定されたとき, それを達成しているものだけが「目的指向作用」となる.

### 3.4 ゴールと意図

本質的に, システムは多くの振る舞いを行っており, そのうちどれがゴールであるのかは, それ単独では決定することができない. つまり, システムは複数のゴールを潜在的に持っており, それをシステムックコンテキストが「選択する」ことになる.

本目的指向モデルの特徴は, このコンテキストの選択にエージェントの意図が必須とされないことである. 前項で述べたシステムの振る舞いの「選択」や, コンテキストの「決定」, システム内的ゴールの「決定」は, エージェントの意図によるとは限らず, 単なる「仮定」である場合を含む. エージェントの意図による選択には, 「設計者」と「使用者」によるものがあり, それぞれシステムック目的指向コンテキストの下位概念として, 「設計システムックコンテキスト」「使用システムックコンテキスト」と呼ばれる. 人工物にはこれらのコンテキストが存在する. 一方, 生物などは後述するように, 設計者もなく, 使用者もいないため, 選択/決定は「仮定」に基づくものである. このように, コンテキストをエージェントの意図から分離することで, 2 節で挙げた「意図」の問題をクリアしている.

現在考慮している最も大きなシステムのコンテキストとその内的ゴールが仮定されると, そのゴールを「協調的に達成する」という原則に基づいて, より小さなシステムや部分ユニットの達成

すべきゴールが階層的に決定されていく。そのように選択/決定できたとき、各ゴールは全体システムの内的ゴールに対して正当(valid)となり、目的指向作用が発揮される。

また、ゴールはシステムに対してひとつではなく、複数のゴールがありえる。さらに、CHARMの拡張モデルとして提案されているDual Goal Model [西村 14]のように、同時に複数のゴールの達成に貢献している場合もある(4.3節を参照)。

## 4. さまざまな対象のモデル化

### 4.1 物理的人工物

工業製品などの多くの人工物の場合には、機能的設計行為によって、上述の設計システムコンテキストが決定されており、設計者の意図した全体のゴールに対して、目的指向仕様構造が決定されている。また、詳細設計ではそれを発揮できる形状や物理的屬性の仕様が規定されている[Kitamura 13]。

一方、使用時においては、使用者の意図に基づいて使用システムコンテキストとそれに基づく目的指向仕様構造が決定される。これは通常、設計者の意図と一致するが、設計者の意図とは異なる場合もある。図2は椅子の例を示しており、左側が前者、右側が後者(踏み台として使う場合)を示している。ここで、各部分ユニットは、座面や脚などと呼ばれているが、これは厳密にはロールホルダー名であり、板や棒がプレイヤーとして全体のシステムコンテキストのもとで規定の目的指向仕様を満たすような目的指向作用を発揮しているときに、そう呼ばれている。実際、椅子が踏み台に使われた場合には、座面は正確には踏み板と呼ばれるはずである。

なお、本図のように、目的指向作用として捉えられない振る舞いが重要でない場合には、目的指向作用のみをモデル化することができる(現実には多くの振る舞いが存在することに注意)。

### 4.2 生体などの自然物

生体、社会、自然物などの自然発生的で設計されていないものは、ひとつの目的指向仕様構造が設計者によって規定されているわけではない。そのため、これらの目的指向仕様構造は本質的に仮定的であり、「もし全体がこの状態を目的として達成していると見なしたとき」に、規定される合理的な構造を表している[Mizoguchi 12, 溝口 12a]。合理性を仮定すると、全体システムが与えられたとき、いくつかのもっともらしい目的指向仕様構造を推定することができ、そのうちのひとつを仮定することで、各部分はその目的へ貢献していると捉えることができる。

人体の心臓を例にとると、図3の左側は心臓の目的指向作用として「血液を送り出す」が捉えられる場合であり、右側は「鼓動音を生成する」が捉えられるコンテキストを示している。右側は医者が患者の心臓の状態を知るという上位コンテキストのもとで設定されうるコンテキストである。両者において、「血液を送り出す」と「鼓動音を生成する」は常に行われている振る舞いであるが、通常は左側のみが心臓の目的指向作用(機能)とされている[Perlman 04]。これは生体において貢献関係が固定的であると捉えられていることに起因する。実際には、仮定するコンテキストによって目的指向作用は異なる。

### 4.3 人間の合目的的行為

人間が行う行為のうち、特定の目的を達成することを意図して意識的に行う行為のことを、合目的的行為と呼ぶ。これを、人間が主体となる「ユニット」として、特定の目的に貢献するように実行する目的指向作用としてとらえる。ここでは、行為を、実行前の時間点におけるなんらかの属性値と、実行後の時間点に

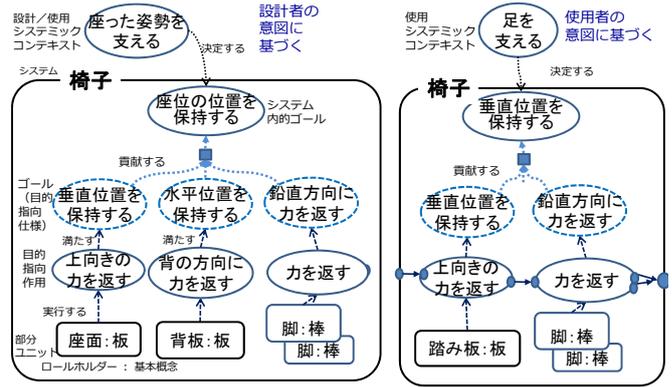


図2 人工物(椅子)のモデル例(左:設計者意図, 右:使用者意図)

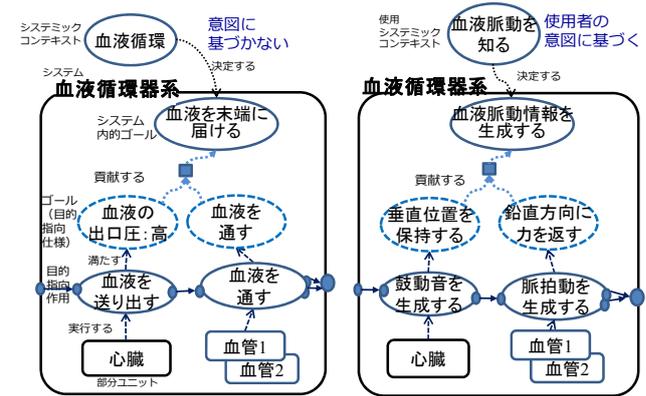


図3 生体(心臓)のモデル例(左:体内, 右:外部の意図)

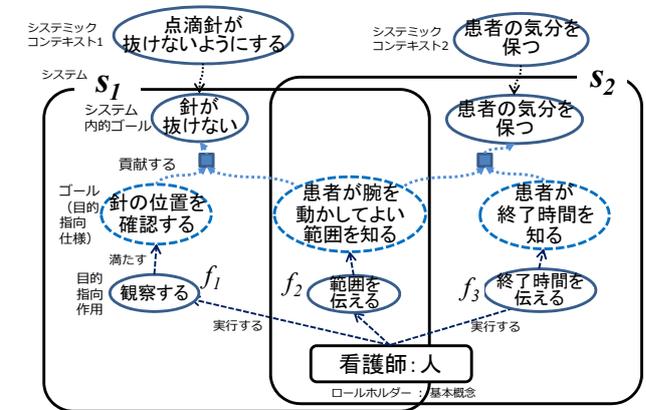


図4 合目的的行為(看護行為)のモデル例

おける属性値の組として捉える。これは、人間とそれが実行する行為を時間的なブラックボックスとして捉えることを意味する。これは目的に貢献するものであり、全ての振る舞いが合目的的とは限らないため、「振る舞い」ではなく目的指向作用である。複数の行為が時間的な順序に沿って実行されるとき(一般にプロセスと呼ばれる)、時間的な順序列または順序付きグラフとしてモデル化できる。

図4に看護行為の例を示す。この例は、目的が2つある場合を示しており、「患者に体を動かしてよい範囲を伝える」という看護行為が、「点滴用の針が抜けないようにする」という治療上の目的と、「患者の気持ちを保つ」という精神的な満足度に関する目的の両方に貢献することを表している。なお、合目的的行為のみをモデル化しているため、振る舞いは省略されている。

このような合目的的行為の仕様(規範的知識)は、マニュアルなどによって規定されていることが多いが、目的は明示的に記述されていない場合も多い。筆者らは目的を明示化した行為の規範的モデル CHARM を提案し、新人看護師の教育に応用しており[西村 15], Dual Goal Model を提案している[西村 14]. 本枠組みはそれを一般化したものである。

#### 4.4 社会的組織/システム

社会的組織は、その構成員や構成設備が果たすべき目的指向作用の仕様によって規定されており、そして実際の人員や設備の振る舞いとその仕様を満たす目的指向ロールを担うとき、組織が正常に動作していると捉えられる。つまり、図 5 に示す学校組織の例のように、Social な組織体の果たす役割と、Technical な人工物である設備の果たす機能が統合された Socio-technical system (STS)としてモデル化される。

組織や人間の役割の場合、部分の全体への貢献は人工物における物理的因果連鎖のように明確とは限らない。例えば、学校組織における教員の目的指向仕様は、「学生に教授行為を行うこと」といった部分的記述にとどまる。

#### 4.5 サービスシステム

サービスは、それを提供するための全体にあたるサービスシステムが、サービス事業者、実行者、顧客、備品、環境などの部分ユニットによって構成されており、それぞれが果たすべき役割が目的指向仕様によって規定されており、それらが実現されている状況のなかで、サービス実行者が果たしている目的指向作用であるとモデル化できる。図 6 はマッサージサービスシステムのモデルの例であり、事業者が準備し、広告をするとともに、店舗が作り出したくつろげる空間の中で、マッサージ師がマッサージをすることで、「顧客をリラックスさせる」というゴールが達成されることを示している。一般に、そのような規定は、サービスマニュアルや組織の行動指針として記述されていることが多い。

このサービスに対応する目的指向作用は、人工物の機能とは性質が本質的に異なっており、サービスシステムが規定する状況に埋め込まれており、サービス受容者からみて実行主体から切り離されているように認識される。この本質的違いによってサービスを一般的に定義できる[住田 12].

### 5. おわりに

仮定された目的への貢献を表す「目的指向作用」という概念に基づくことで、Socio-technical system における、人工物、自然物、生体、組織、人間の行為列などを共通にモデル化できることを示した。このような統一的なモデルは、さまざまな要素や目的を同時に意識して、社会システムやサービスシステムをデザインすることに貢献するものと考えられる。

謝辞

本稿の考察は、European Commission の国際共同研究プロジェクト EuJoint [EC 12] の一環として行われた研究の成果[Mizoguchi 12]の拡張[溝口 12]に基づいている。

#### 参考文献

[De Greene 73] De Greene, K.B.: Sociotechnical systems: factors in analysis, design, and management, Prentice-Hall, 1973.  
 [Vermaas 11] Vermaas, P., Kroes, P., van de Poel, I., Franssen, M., Houkes, W.: A Philosophy of Technology: From Technical Artefacts to Sociotechnical Systems, Morgan & Claypool Pub, 2011.

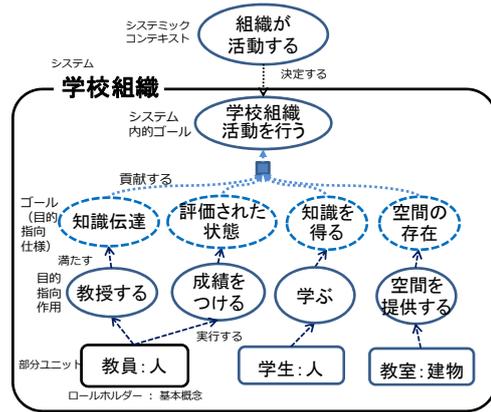


図 5 社会的組織(学校組織)のモデル例

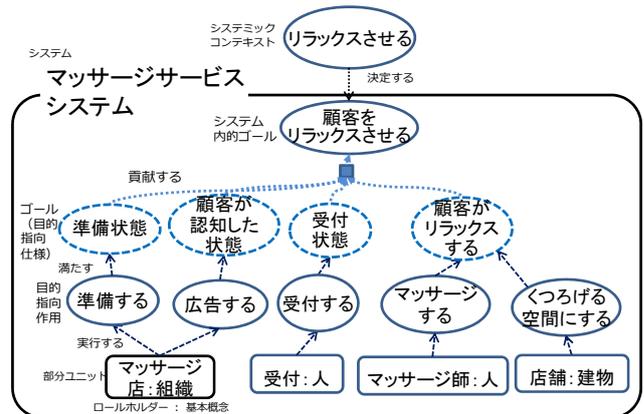


図 6 サービス(マッサージ)システムのモデル例

[Mizoguchi 12] Mizoguchi, R., Kitamura Y., and Borgo, S.: Towards a unified definition of function, In Proc. of the 7th Int'l Conf. on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2012), IOS Press, pp. 103-116, 2012.  
 [溝口 12a] 溝口理一郎, 來村徳信, Stefano Borgo: 意図, ゴール, そして機能, 人工知能学会全国大会 2012, 112-R-4-5.  
 [溝口 12b] 溝口理一郎: オントロジー工学の理論と実践, オーム社, 2012.  
 [西村 14] 西村悟史, 來村徳信, 溝口理一郎: Dual Goal Model - 看護サービス行為における物理的/精神的ゴールの統一的モデル-, 人工知能学会全国大会 2014, 4F1-2, 2014.  
 [西村 15] 西村悟史, 笹嶋宗彦, 來村徳信, 中村明美, 高橋弘枝, 平尾明美, 服部兼敏, 溝口理一郎: 目的指向の看護手順学習に向けた複数観点からの知識閲覧システム CHARM Pad と新人看護師研修への実践的活用, 人工知能学会論文誌, 30(1), 22-36, 2015.  
 [Perlman 04] Perlman, M.: The modern philosophical resurrection of teleology, The Monist, 87(1), 3-51, 2004.  
 [Kitamura 13] Kitamura, Y. and Mizoguchi, R.: Characterizing functions based on phase- and evolution-oriented models, J. of Applied Ontology, 8(2), 73-94, IOS Press, 2013.  
 [住田 12] 住田光平, 來村徳信, 笹嶋宗彦, 高藤淳, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づくサービスの本質的性質の考察, 人工知能学会論文誌, 27(3), 176-192, 2012.  
 [EC 12] European Commission : EuJoint (European-Japanese Ontology Interaction) Project (IRSES 247503), <http://www.loa.istc.cnr.it/old/EuJoint/EuJoint.html>, 2012.