

システム環境情報学特論

Informatics for Systems and Environment

世界を記述すること

北海道大学大学院情報科学研究科
システム情報科学専攻

担当 小野里 雅彦

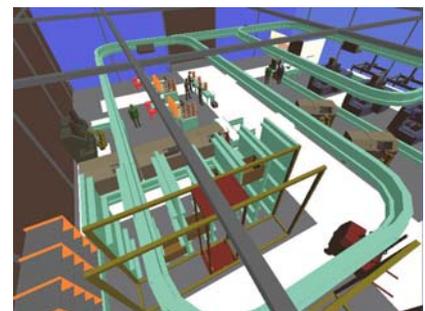


コンピュータ内に形成される世界



コンピュータの能力のめざましい向上

- ✓CPUの高速化
- ✓データ記憶コスト(円/バイト)の低減
- ✓グラフィックス能力の飛躍的向上
- ✓3次元CADによる形状データの作成
- ✓3次元計測装置の普及
- ✓メガポリゴンのハンドリング
- ✓データビューワの普及
- ✓コンパクトな形状データ表現形式
- ✓3Dアプリケーションの増加



VirtualWorks/北海道大学

コンピュータ内に仮想世界を構築する

- ✓詳細なモデル構築
- ✓多面的で精度の高いシミュレーション



Geo-Element/日本SGI

コンピュータの中に世界を作るとはどういうことか？

対象とする実世界

橋梁／農地／発電機／...

株式市場／法人／教育／...

物理的な世界

- 物質／エネルギー
- 実体／自然環境
- 物理(化学)法則

論理的な世界

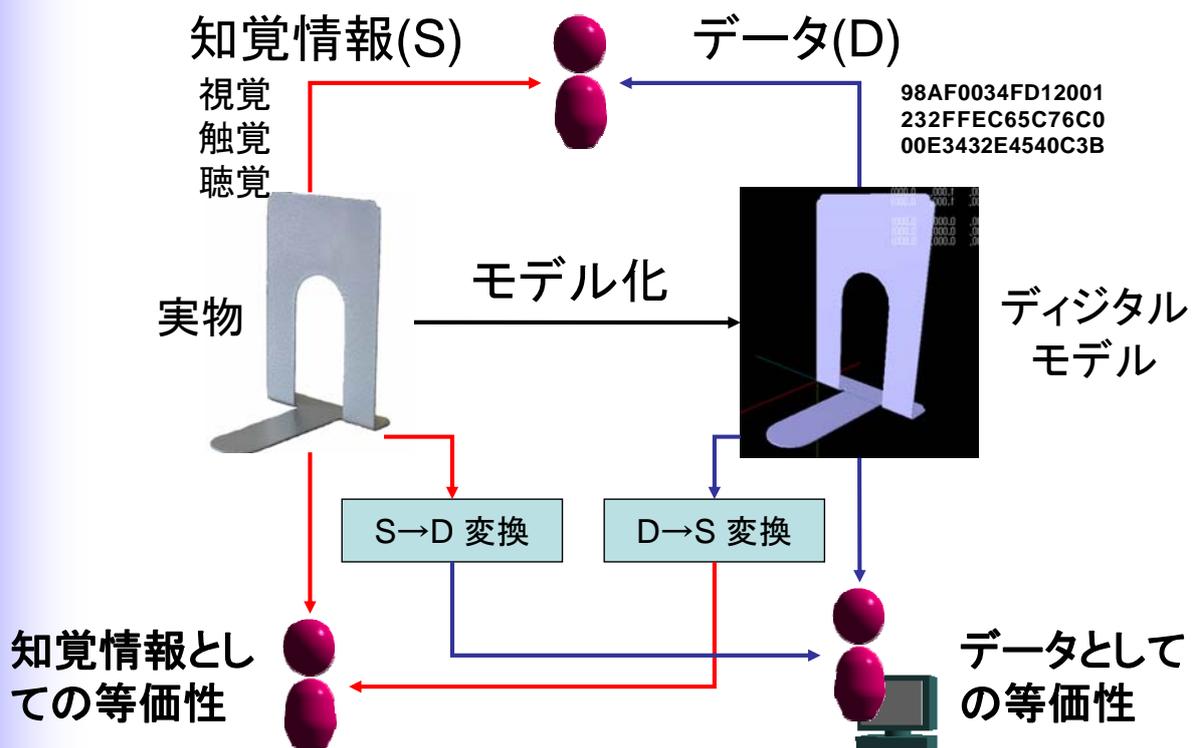
- 情報
- 組織／システム
- 論理／法規／制度

コンピュータの中の世界

- データ
- モデル(オブジェクト)
- ルール／プログラム

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

物理世界をコンピュータ内で表現するとは？



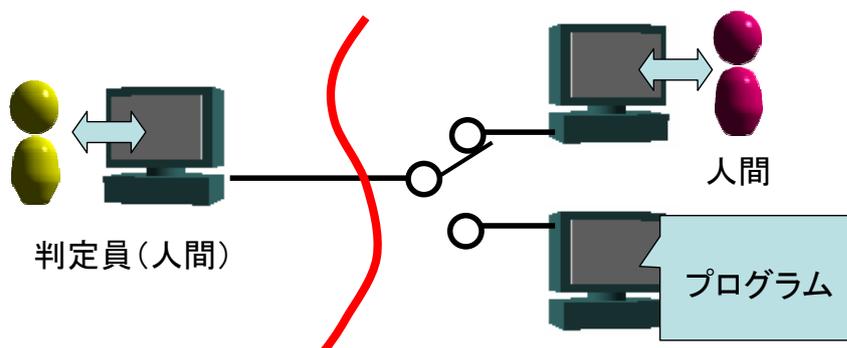
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

情報の等価性

AとBが情報的に等価であるとは？

参考： チューリング・テスト (Turing test)

アラン・チューリングが提案した「機械が知的であるか否か」を判定するテスト



記述の例：机

「机」を記述してください

ただし、コンピュータ相手に...

どこまで記述すればよいのか？

カップ2つのだけ世界



カップA



カップB

2つのカップを識別するために必要な記述は？

カップの直径(または扁平率)

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

どこまで記述すればよいのか？

より多様な世界



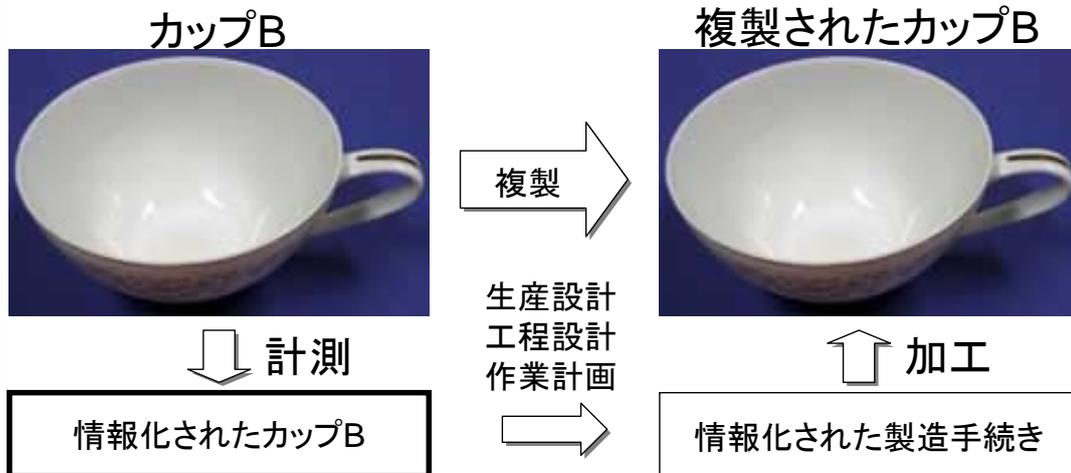
これらの対象を確実に識別するための記述とは？

- 識別対象が列挙可能 “適切”な属性の選択で分離可能
- 識別対象が列挙不可能 ????

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

どこまで記述すればよいのか？

同じモノをつくる

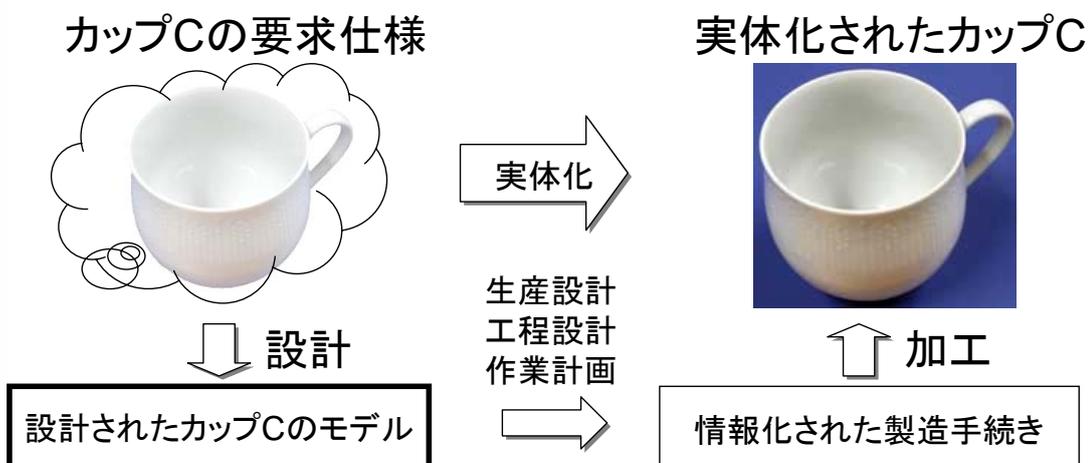


- 計測（認識）と加工（行為）の詳細度に依存
- 情報の間の整合性は実物の存在により保証

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

どこまで記述すればよいのか？

新しいモノをつくる



- 設計（規定）と加工（行為）の詳細度に依存
- 情報の整合性／実現可能性は検証が必要

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

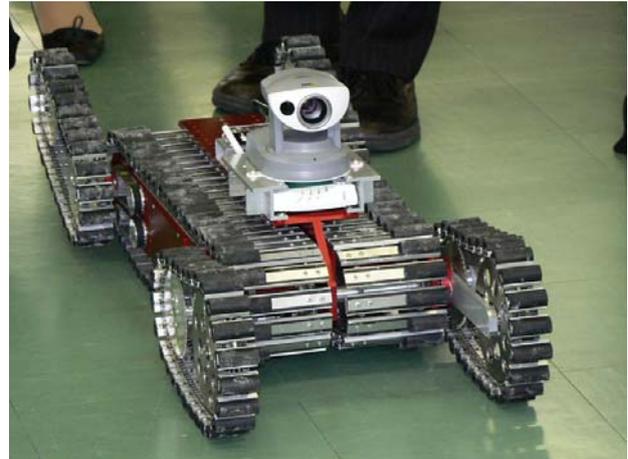
ちょっと寄り道: AIのフレーム問題

がれきの下に埋もれた被災者を救助せよ！

被災者を安全に救助するためにはどこまで考えればよいのか？

考慮すべき項目は無限にありうる

- 無限の思考
- 行動の停止



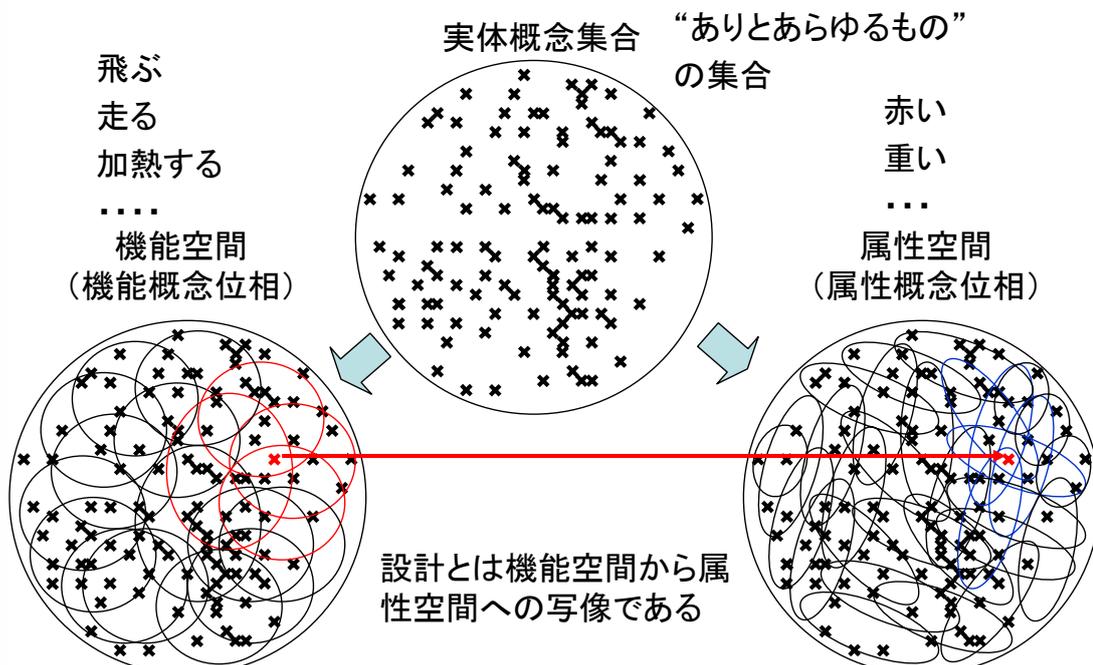
レスキューロボット Hibiscus (千葉工業大学)

McCarthy, J., Hayes, P. J. (1969). "Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence". Machine Intelligence 4: 463-502.

Daniel Dennett, "Cognitive Wheels : The Frame Problem of AI," The Philosophy of Artificial Intelligence, Margaret A. Boden, Oxford University Press, 1984, pp. 147-170

さらにより道: 一般設計学

一般設計学 (General Design Theory) : 吉川 弘之



世界をどう認識するか？

古代ギリシャの自然哲学

アルケー(万物の根源)の探求

- ターレス(B.C.624-B.C.546): <水>
- ピタゴラス(B.C.582-B.C.496): <数>
- エンペドクレス(B.C.490頃-B.C.430頃):
<土>, <水>, <火>, <空気> (四元素説)
- デモクリトス(B.C.460頃-B.C.370頃):
<原子> + 空間 (原子論)

古代中国(戦国時代:紀元前3世紀頃)

五行説:木, 火, 土, 金, 水

“典型的”な物理世界観

- 均一な3次元的な空間の広がり(デカルト座標)
- 均一な時間の流れ(実数との対応)
- 保存される質量/物質(エネルギーとの交換なし)
- 1つの部分空間は1つのモノによって占有
- 1つのモノは同時に離れたところには存在しない
- 物理法則によって支配される世界
- 自然は意思をもたない

デカルトの機械論的自然観

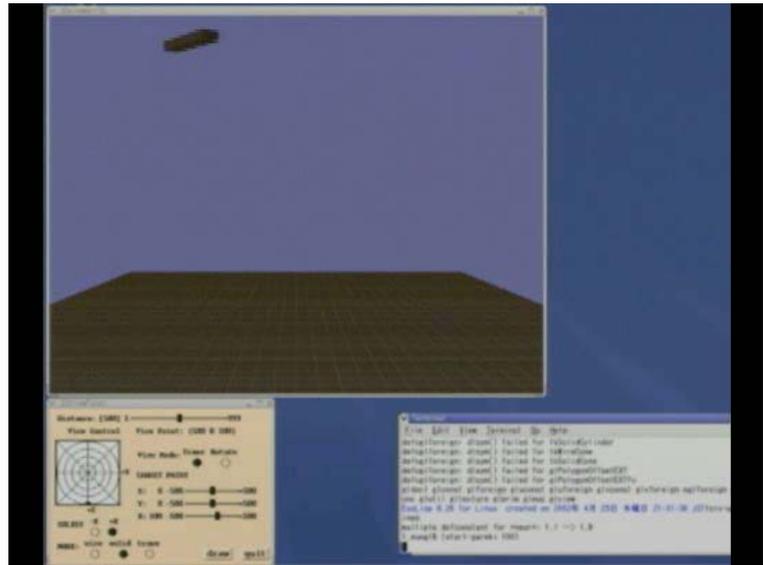
物理法則をどう実現するか？

物理法則

$$F = m\ddot{x}$$
$$T = I\ddot{\theta}$$

法則は極めて明快
でも実現は結構大変

物理法則は量の間
の関係を述べても、
その量をどうやって
求めたらよいかは
教えてくれない....



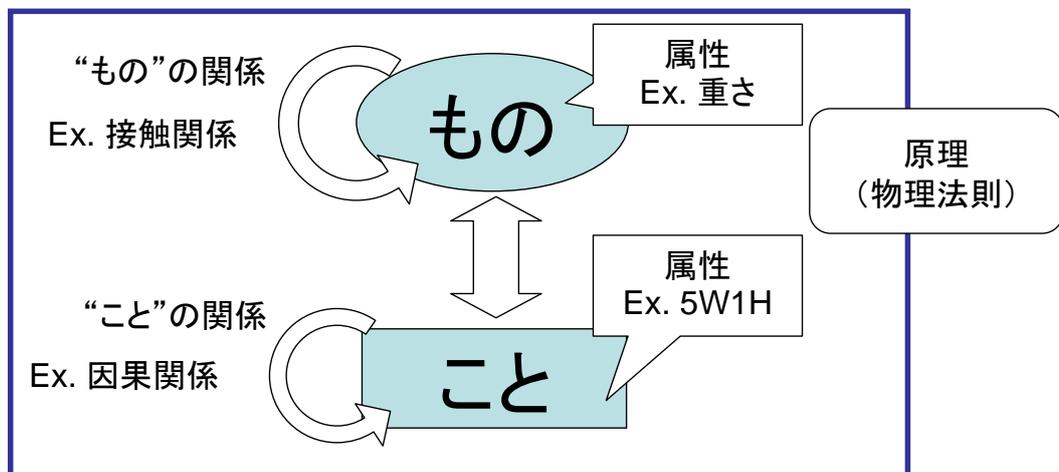
例：がれきの簡易山積みプログラム

世の中に様々なCAEシステムが存在する理由

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

世界を見る視点：“もの”と“こと”

「こと」：「もの」の 「働き」「作用」「所作」
「状態」「様相」「性質」「関係」



簡単には もの：主語、目的語 こと：述語

哲学にみる「もの」(実体)の概念

アリストテレス

〈もの〉＝「質料」＋「形相」

ソシュール[一般言語学講義]

〈もの〉の存在の根拠は自然世界側にあるのではなく認識する側にある。(言葉による世界の分節)

ヴィトゲンシュタイン[論理哲学論考]

2.025 実体は形式と内容である。

2.0251 空間, 時間, そして色(有色性), これが対象の形式である。

哲学に見る「もの」(実体)の概念

映画のフィルムでは、「ボール」はただ一つのこまの中の状況の部分をなすのではなく、多数のこまの中に繰り返し現れる。

—〈中略〉—

フィルムの次々のこまの中の当該部分を結ぶ時間線を引いて、この線上にあるものはすべて「同じ」物体だと宣言しているようなものだ。この線のある一組の属性と組み合わせたものが、物理的对象(物体)という概念を形成する。

トウルチン[人間現象としての科学]

- もの(実体)は固有の形をもつ
 - 実体の境界は明確である
 - 形は実体の安定した性質である
- もの(実体)は空間内のある場所を占有する
 - ものは同時に2つの離れた場所を占有しない
 - ひとつの場所は同時に2つのものによっては占有されない
- もの(実体)が剛体であるならば, 移動によって形は変わらない

固体の「オントロジ」

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

ものの境界について

必ずしもすべてのシステムが物理的に目に見える形をしているわけではないので, 境界という考え方は一般に言葉の上の考えに過ぎない. たとえ物理的な境界をもつシステムを扱う場合でも, その判定が困難な場合があることを見てきた. これは境界として何をとるかが経験とか慣習とかに大いに左右されるからである. -<中略>-

たとえば, 境界を策定する場合, 容易に認識できる物理的特徴に強く影響される. 色の差, 手触りのちがひ, 固体と液体の接触面, 液体と気体の接触面…… このようなところがよく境界として策定される. ところが, 固く結合されて一体となって移動している2つの固体間に境界を策定するのは, 何となくちゅうちょされる.

ワインベルグ [一般システム論]

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

川を見ながら....

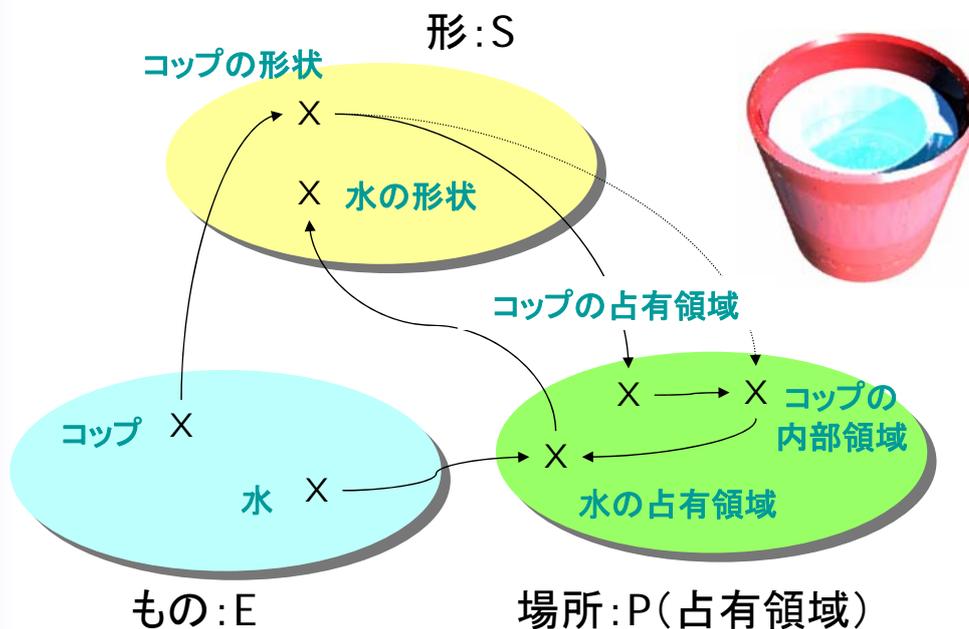


中央ローン サクシュコトニ川

ゆく河の流れは絶えずして、
しかも、もとの水にあらず。
鴨長明「方丈記」

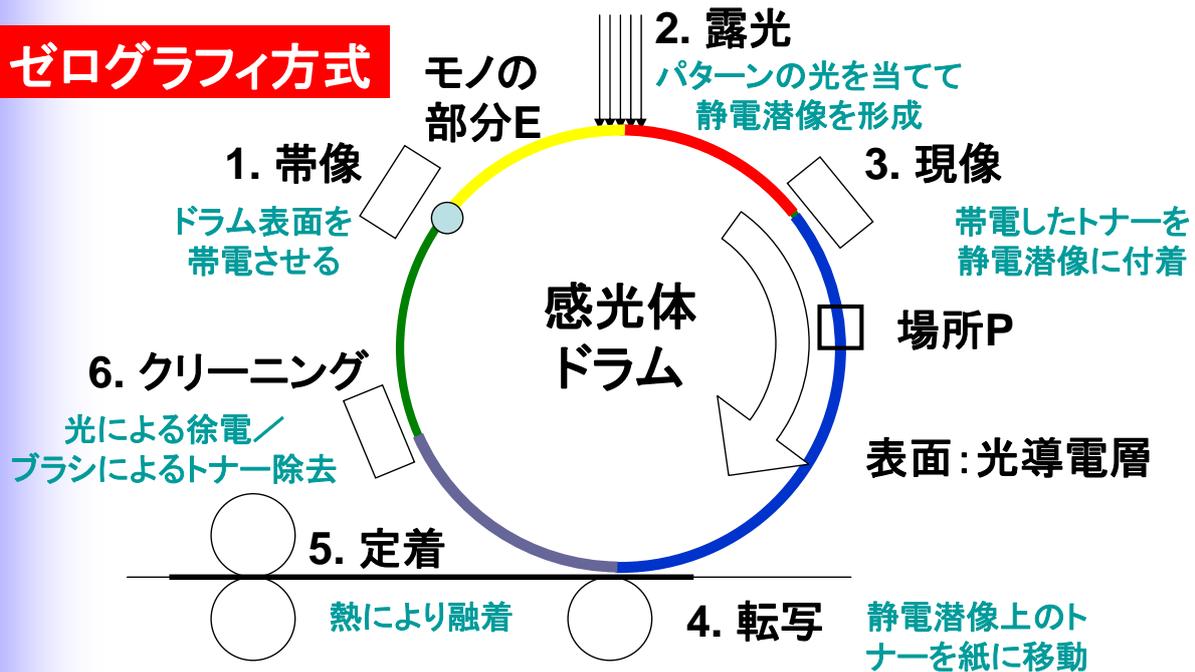
流体のオントロジ

流体における”もの—形—場所”の関係は？



場の概念: PPC複写機のドラム

ゼログラフィ方式

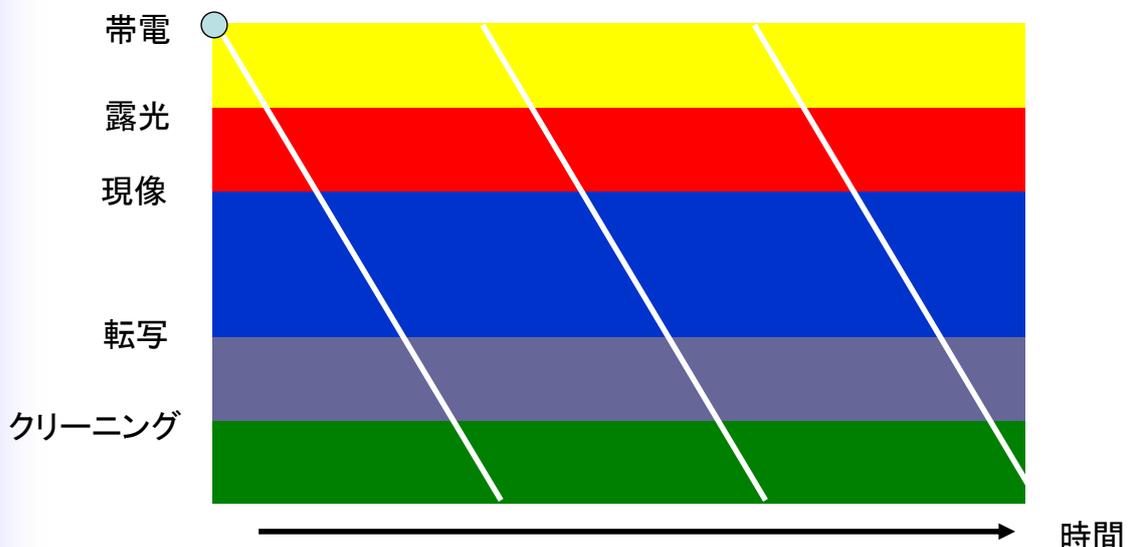


4次元空間で記述するとどうなる？

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

複写機ドラムの時空間

ドラム表面の空間を展開してみると....



場(空間)のもつ性質, ものの持つ性質

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

コンピュータに構築される世界の広がり 「サイバーフィールド」

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

システム情報科学専攻 サイバーフィールド・プロジェクト

理論

情報モデリング (統合的データ記述)
(XML, UML, Ontology, ...)

場に関するシミュレーション
(空間の時間変化)

空間的 (時空間) 構造記述
(Mega Polygon, 4D-CAD)

実装

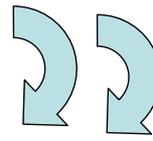
高速計算手法
(GRID computing)

Cyber Field

大規模データ管理手法
(データ変換と品質保証)

結合

マシンビジョンによる認識
フィールド埋め込み遍在型
センサによるネットワーク



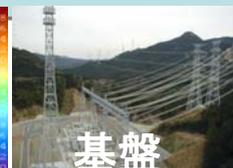
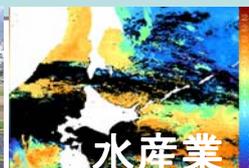
フィールド移動型ロボット
フィールド制御技術
最適オペレーション

空間位置同定技術 (GPS)

Real Field

応用

Natural / Artificial / Social / ...



サイバーフィールド(CF)の構成

■ 実フィールド(RF)

- 実際の活動が行われ、解決・改善すべき問題を抱えている対象領域。工場システム、交通システム、都市防災体制、電力等の社会基盤、農林水産業、気象など。

■ サイバーフィールド(CF)

- 実システムの構造と性質、挙動をコンピュータ内に表現し、シミュレーション等によって情報を推定することが可能な体系。

■ センシング(RF→CF)

- 実フィールドの状態をサイバーフィールドの状態に反映させるための情報取得の部分。例えば機器や環境に埋め込まれたセンサの計測データや、3次元プロファイルの点群データ、リモートセンシングの画像、人間からの観測報告など。

■ アクション(CF→RF)

- サイバーフィールド上で計画・評価された内容に基づいて、実フィールドへと働きかける部分。例えば、機器や環境に埋め込まれたアクチュエータの制御、ロボット等の自動機器による作業、人間による作業行動など。

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

CFでの実現を目指すこと

■ 実-仮想の双方向のインタラクション

- センシング & アクション

■ リアルタイム性

- 情報収集→情報提示→意思決定支援の短時間化(ex. 災害情報)

■ 先端シミュレーション技術とのシームレスな連携

- 分散シミュレーション, 過去・未来・現在に対する推定技術

■ 詳細な3次元データ(メガポリゴン)の取り扱い

- 2D空間から詳細な3次元情報利用へ(都市, 地下街, 地層, ...)

■ 時空間に対する強力な演算・推論機構

- 集合演算, 不確定情報に対する推論, 区間演算,

■ マルチメディア・データベース

- 写真, 動画, シミュレーションデータ, テクスチャ, 3Dメッシュデータ,

■ さまざまな応用領域に対する共通的な情報基盤の実現

- 農林水産業, 電力等の社会基盤, 都市防災, 森林火災, 交通システム, ...

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

CF実現に向けての課題

いかにして包括的・整合的・多面的に世界を記述するモデルを構築するか？

ものでない対象

記述対象は実体とは限らない。
何もない空間や現象など



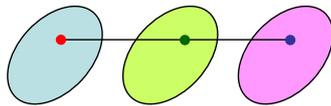
記述粒度不定

記述におけるLODと、記述内容の不確定性(定性的, 選択的)



アスペクトの対応付け

多面的記述を相互に結びつけるものは何か？



多様な”時間”軸

時間スケールの違い, 計画と実績, バージョン管理など



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

参考：第1次産業のためのフィールド情報学

空間・時間・性質で分散する情報を集約して相互可能な体制へ

