

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

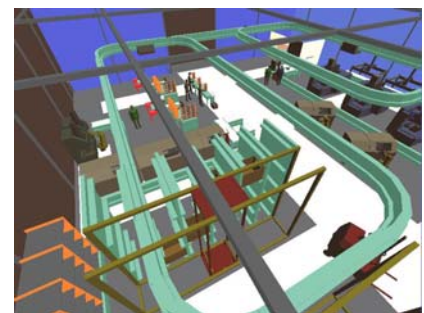


コンピュータ内に形成される世界



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
- ✓データビューワーの普及
- ✓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

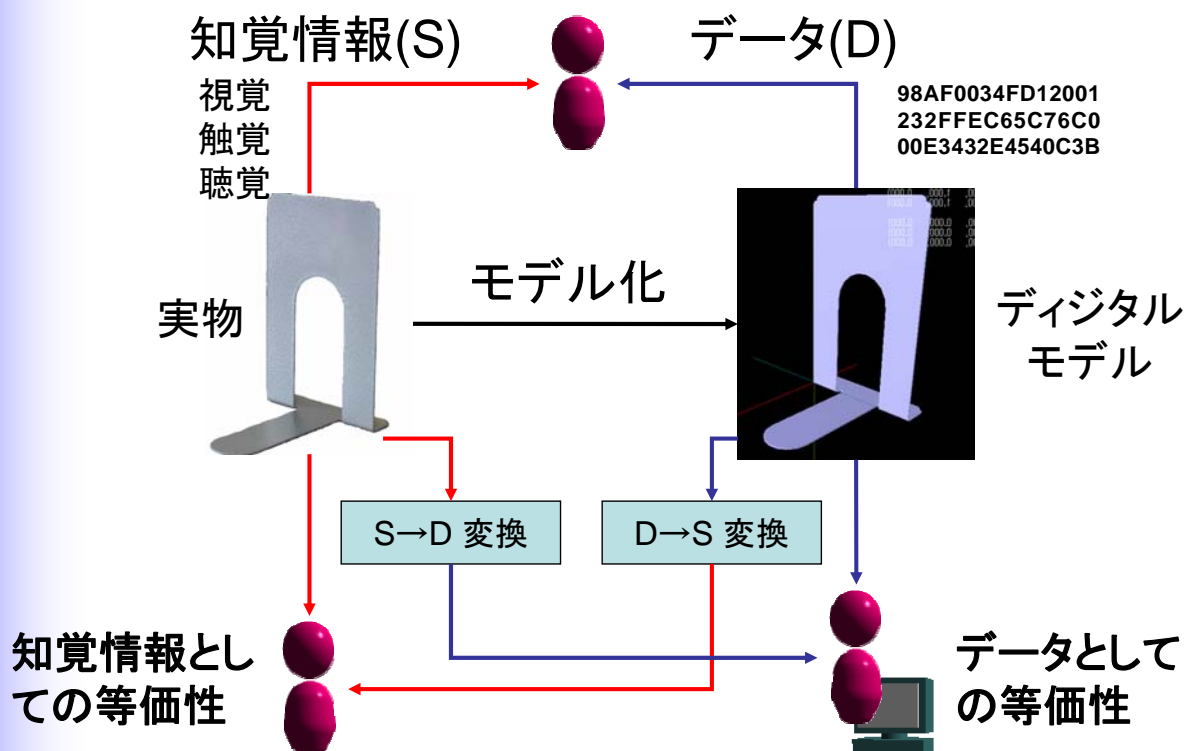
- 情報
- 組織／システム
- 論理／法規／制度

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？



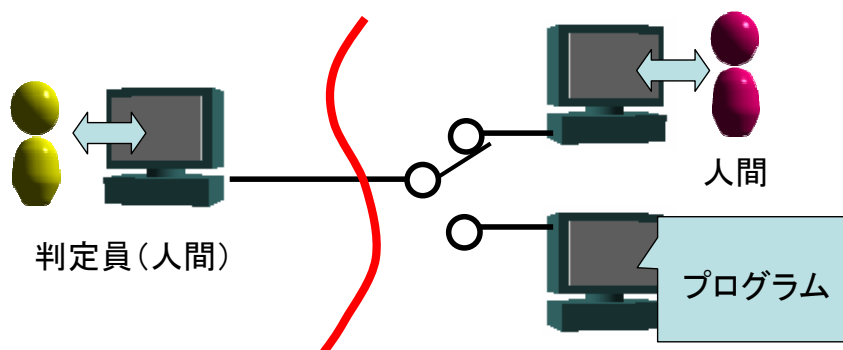
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

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



.....

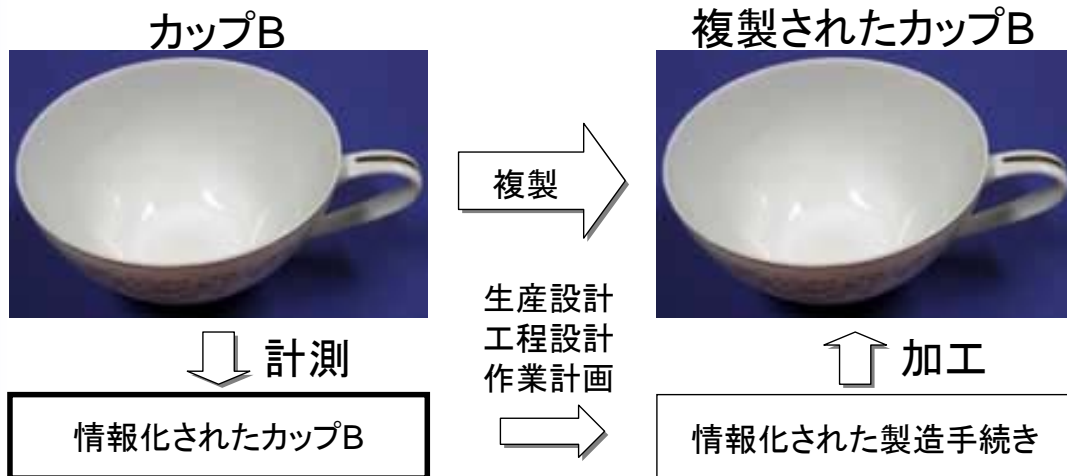
これらの対象を確実に識別するための記述とは？

- 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

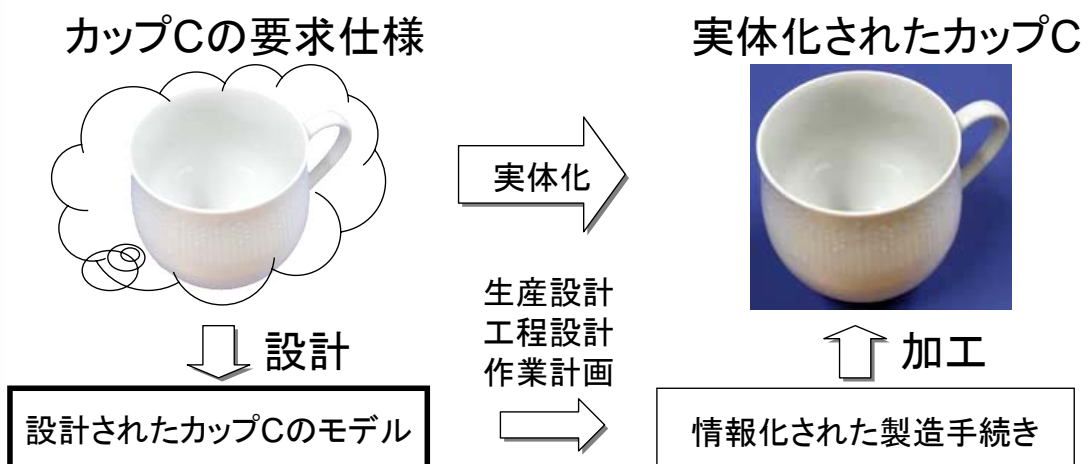


- 計測（認識）と加工（行為）の詳細度に依存
- 情報の間の整合性は実物の存在により保証

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)

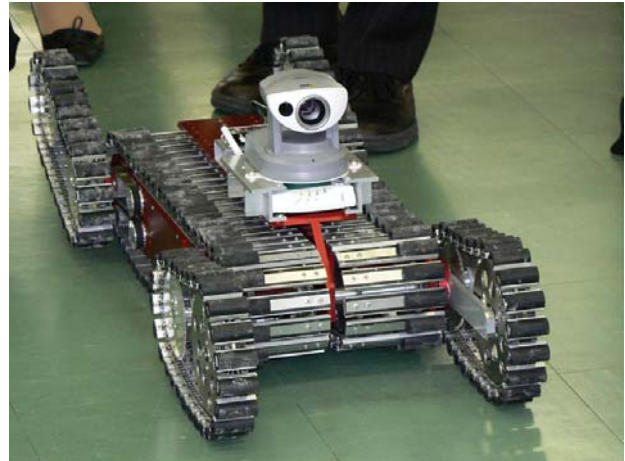
ちょっと寄り道: AIのフレーム問題

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



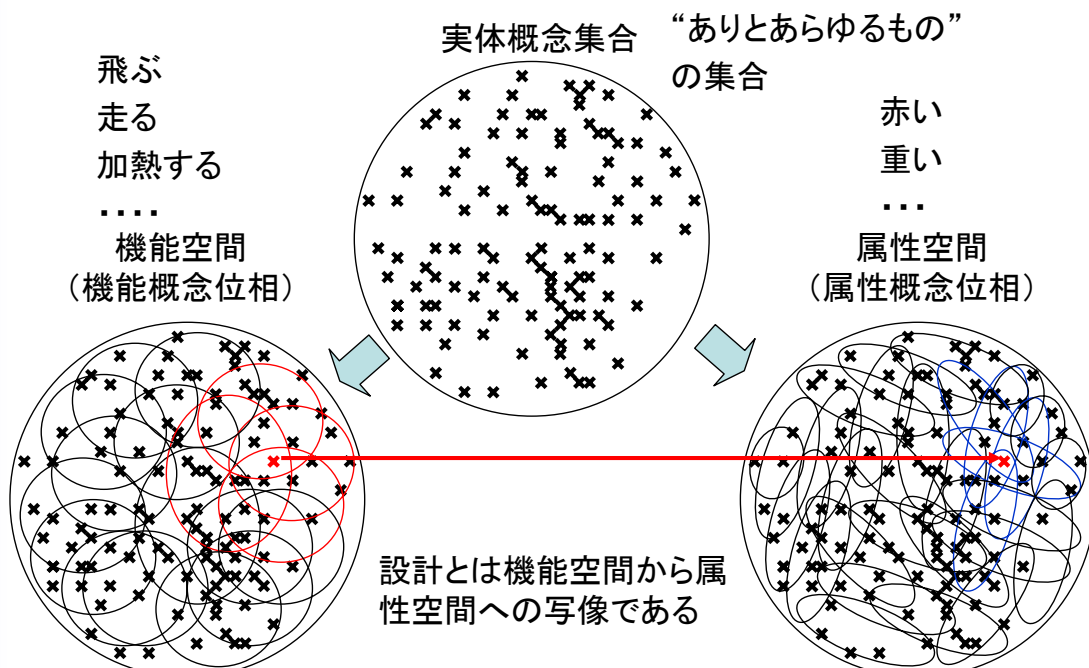
レスキューロボット Hibiscus (千葉工業大学)

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

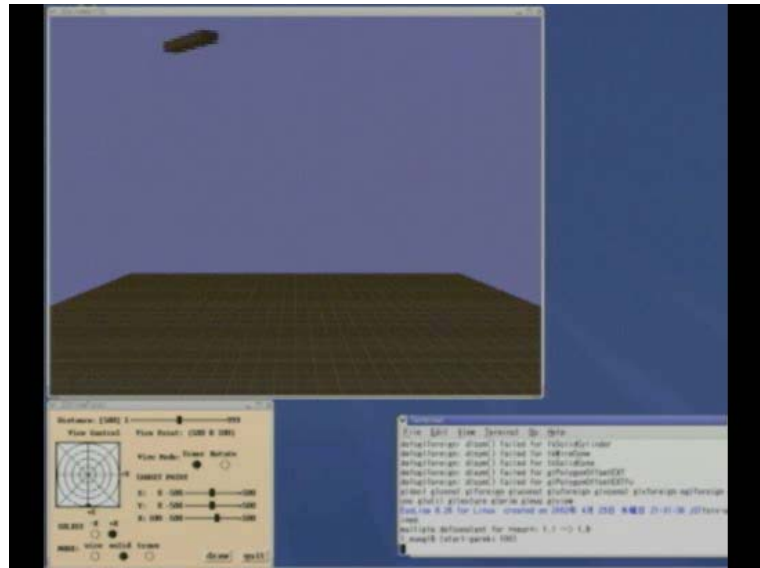
物理法則をどう実現するか？

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....



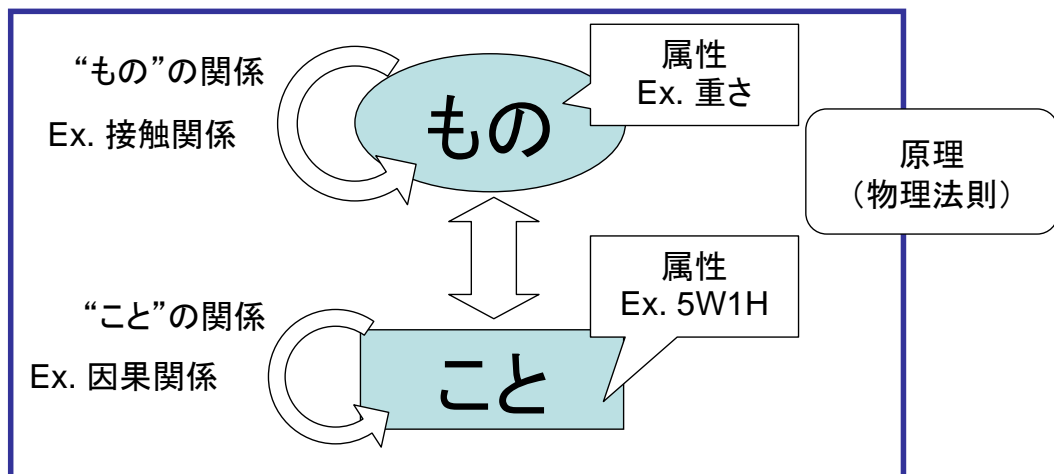
例：がれきの簡易山積みプログラム

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、物理的対象(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り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....

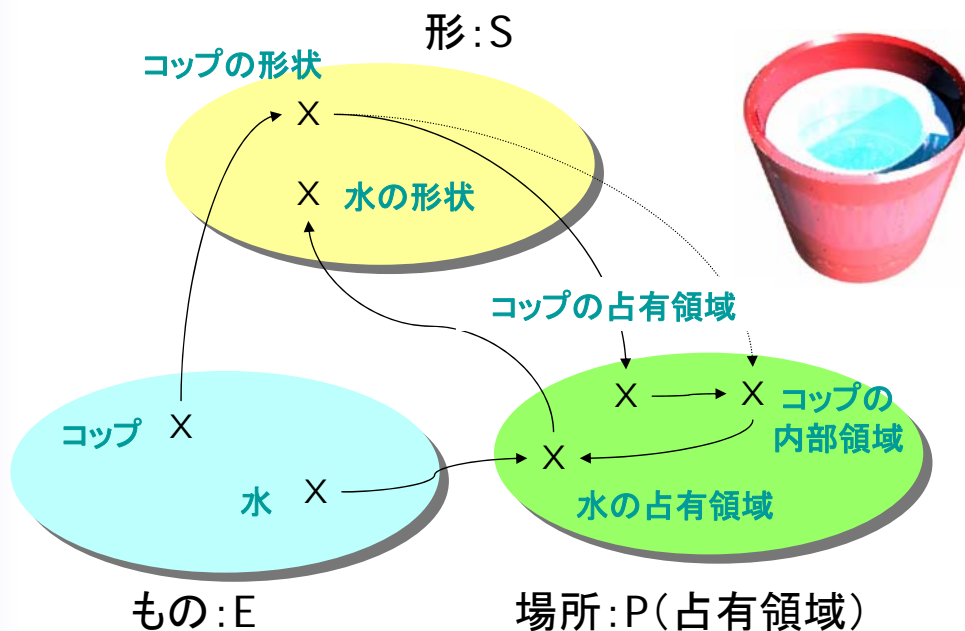


中央ローン サクシュコトニ川

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」

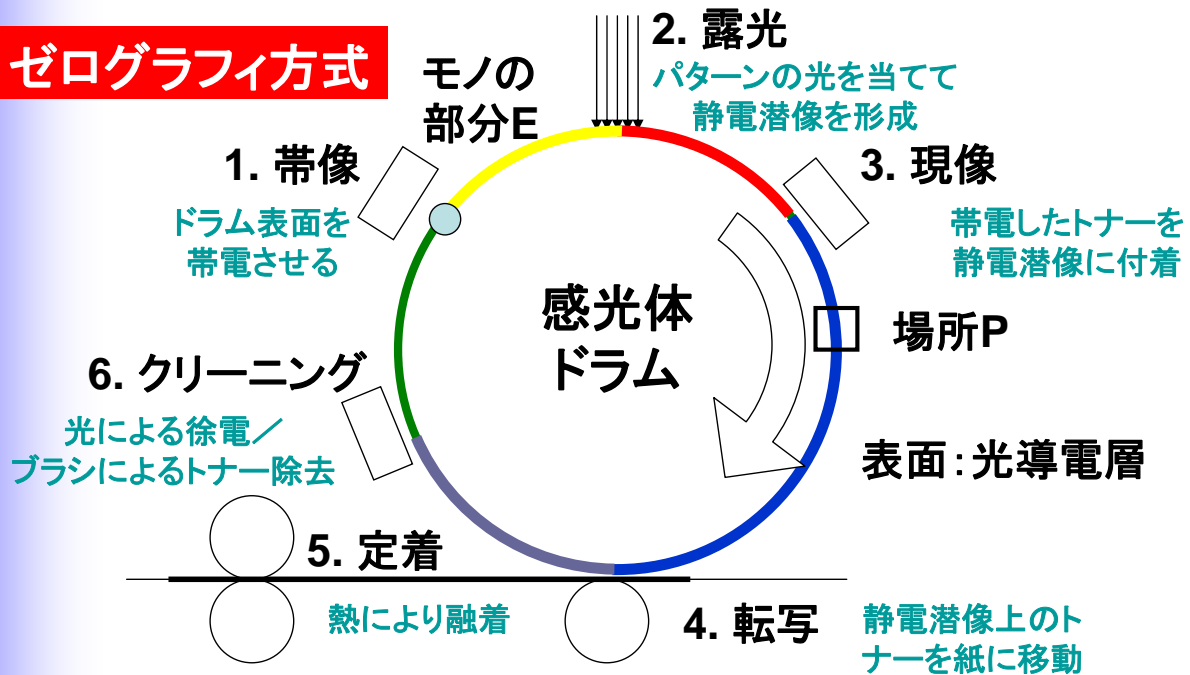
流体のオントロジ

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

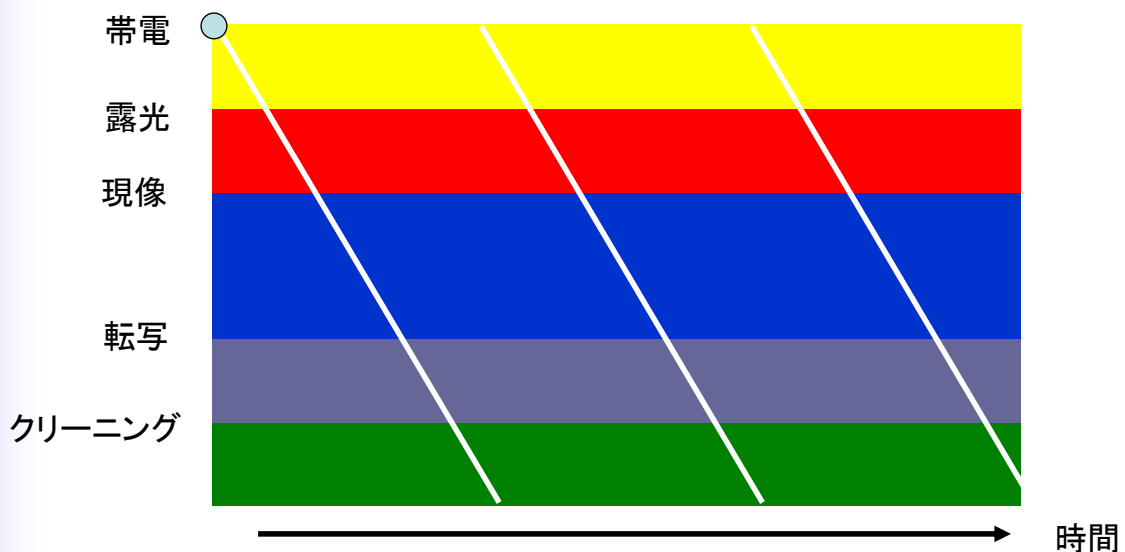


4次元空間で記述するとどうなる？

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)

サイバーフィールドとは？

【cyber-】 接頭語

cyberspace コンピュータ／ネットワーク内の仮想空間

cybernetics Norbert Wienerにより提唱

1. *The theory/science of communication and control in the animal and the machine.*

2. *The art/study of governing, controlling automatic processes and communication.*

3. Technology related to computers and Internet.

from Wikipedia

cyberattack

cyberhuman

cybersecurity

cybercop

cybermall

cybershopping

cybercafe

cyberpet

cyberterrorism

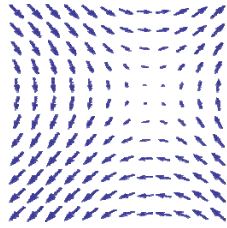
cyberculture

cyberpunk

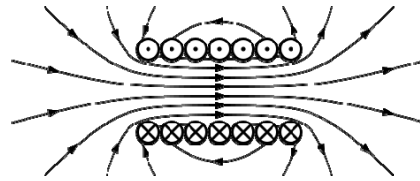
cyberwidow

サイバーフィールドとは？

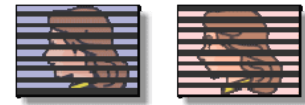
【field】



mathematics



electromagnetism



3D video



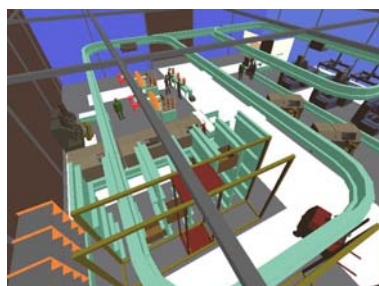
人間が生活し、活動を行う場(場所, 空間, 施設)

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)

サイバーフィールドとは？

【cyber field】

サイバーフィールド(cyber field)とは都市環境, 道路・港湾・ダム, 河川・海岸, 農地・牧場, 工場, 災害現場などの実フィールド (real field) の空間的構造と性質を反映した仮想フィールド (virtual field) を構築し, その両者を双対化 (dual system) することで情報強化したもの.



VirtualWorks/北海道大学

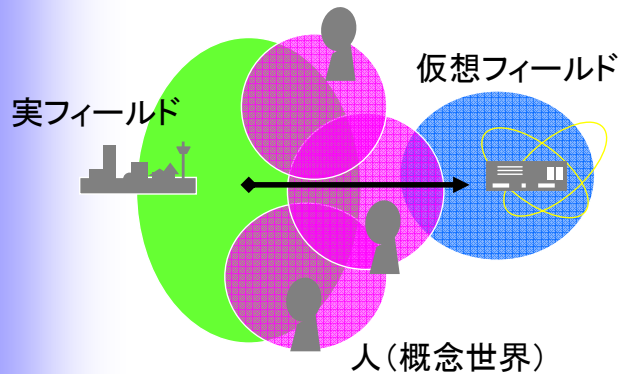


Geo-Element/日本SGI

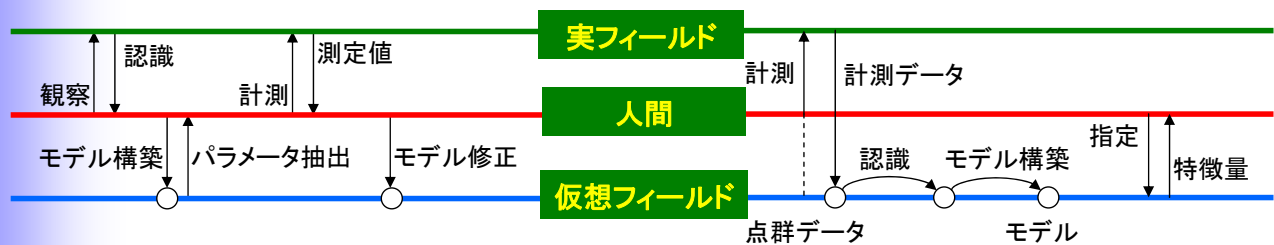
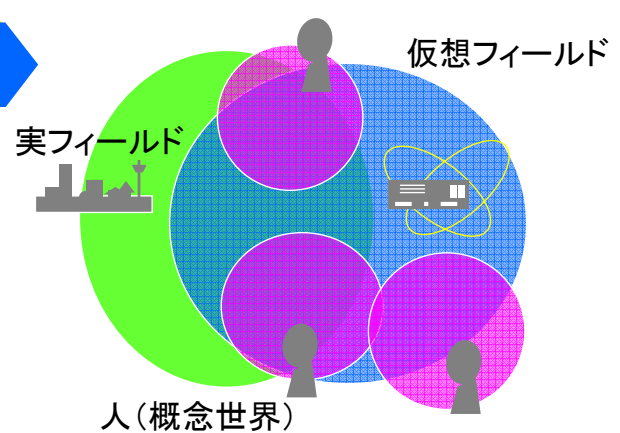
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻 小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

実・仮想の双対化

従来の情報化アプローチ



サイバーフィールドアプローチ



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)

サイバーフィールドの構成技術例

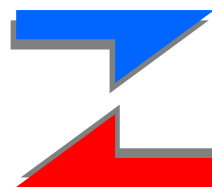
【適用領域例】

- 都市環境
- 道路・鉄道・港湾
- 河川・海岸・湖沼
- 農耕地・牧草地
- 建設現場・鉱業所
- 工場・造船所
- 災害・事故現場
- ...

実フィールド

【フィールド計測】

- リモートセンシング
- 3Dレーザ計測
- センサネットワーク
- ...



- フィールドロボティクス
- テレオペレーション
- 拡張現実感(AR)
- ...

【フィールド適用】

仮想フィールド

- 対象モデリング
- 対象同定・認識
- 大規模データ処理
- 確率統計的推定
- データベース
- シミュレーション
- プランニング
- ...

【フィールド情報処理】

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)

3次元レーザスキャナによる計測

Z+F Imager 5006h

計測距離	0.4~79m		
最大計測回数	1,016,727 pxl/sec		
誤差	10m	25m	50m
反射率10%(黒)	1.2mm	2.6mm	6.8mm
反射率20%(灰)	0.7mm	1.5mm	3.5mm
反射率100%(白)	0.4mm	0.7mm	1.8mm



角度精度 0.007度(1m先の0.1mmを見込む角度)
スキャン速度 ~50 rps

標準精度 preview 0:23 / high 3:22 / ultra high 26:44

Z+F社のデータを参照

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)

3次元レーザスキャナによる計測

~100m	~500m	~500m	~2000m
10mm/s	8mm/s	25mm	20mm
~100 line/s	~120 line/s	~100 line/s	~200 line/s

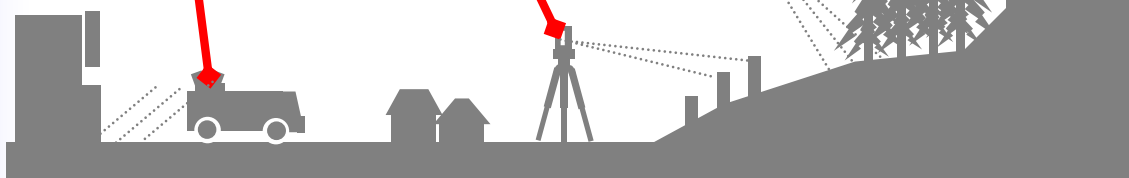
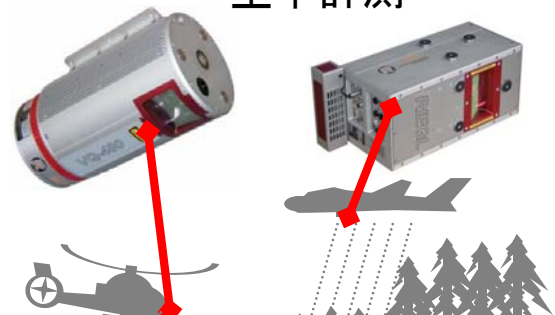
移動体計測



地上設置



空中計測

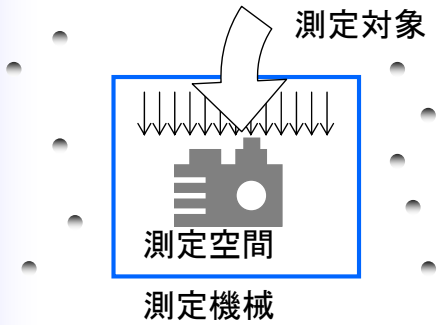


Rieg社のデータを参照

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)

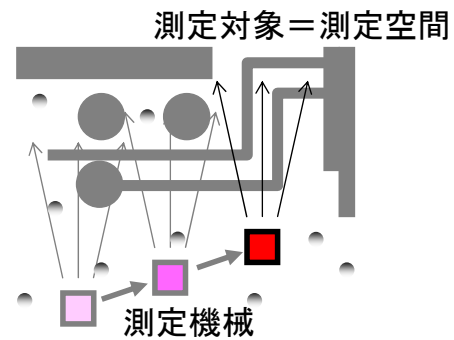
工業製品計測とフィールド計測

工業製品計測(閉鎖系)



- 閉鎖・清浄な測定空間
- 特定された測定対象
- 固定・調整された測定機械

フィールド計測(開放系)

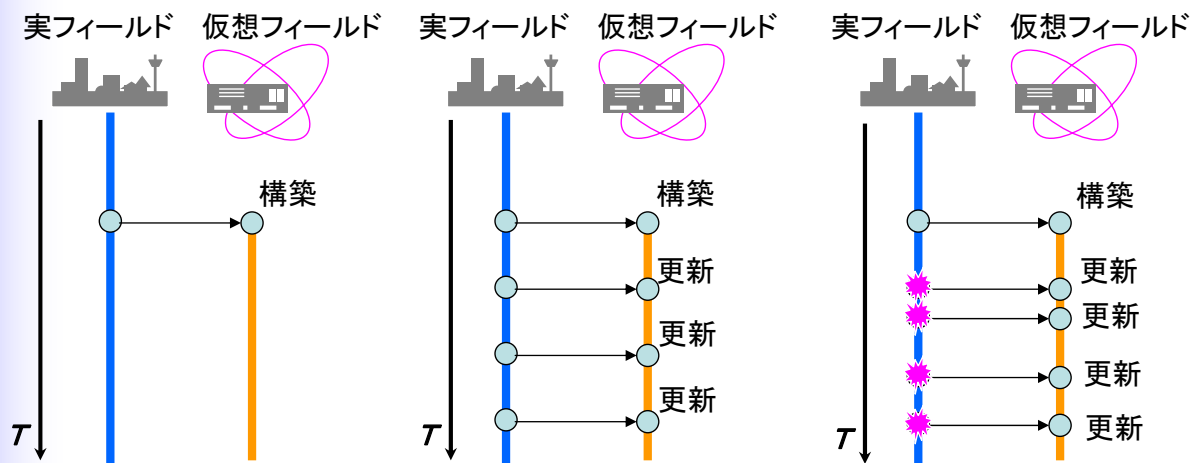


- 開放・汚れた測定空間
- 多様で不特定な測定対象
- 移動を伴う測定機械

↓
ノイズ, 欠損, 計測不能空間, 不定な存在物
を含む計測データが処理対象

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)

実フィールド計測の形態



スナップショット

静的な実フィールドの状態を計測しモデル構築

ex. 遺跡の現況記録

計画的更新

変化する実フィールドの状態を計画に基づき計測しモデルを更新

ex. ビル施工管理

変化検出更新

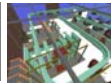
実フィールドの状態変化あるいは変化の予兆をセンサ等で検出して計測しモデルを更新

ex. 土砂崩れ予防

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)

サイバーフィールドの応用領域例

製造



- ✓造船・航空機製造
- ✓プラント現況確認
- ✓仮想生産モデル

災害



- ✓災害現場計測
- ✓災害発生検出
- ✓復興計画支援

農林水産



- ✓精密農業
- ✓果樹園管理
- ✓森林管理

建築



- ✓施工管理
- ✓修繕・修復
- ✓各種アセスメント

安全



- ✓事故現場記録
- ✓犯罪現場記録
- ✓重要施設監視

文化



- ✓遺跡記録
- ✓有形文化財記録
- ✓芸術表現手段

土木



- ✓工事現場計測
- ✓河川改修
- ✓道路管理

運輸



- ✓鉄道保線
- ✓空港管理
- ✓港湾管理

サービス



- ✓カーナビゲーション
- ✓障害者行動支援
- ✓バーチャルトラベル

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)

サイバーフィールドの実現課題例

【フィールド計測】

- ✓測定機械の高精度・高速化
- ✓測定機械の低価格化
- ✓測定機械のモジュール化とシステム化

【フィールド情報処理】

- ✓大規模点群データ処理に対するアルゴリズム／ライブラリ整備
- ✓計測データの”意味”処理の高度化
- ✓計測データに基づく解析／計画／設計業務支援技術

【フィールド適用】

- ✓サイバーフィールドに基づく拡張現実感UIF
- ✓フィールドでの作業機械のインテリジェント化・無人化
- ✓フィールド監視インテリジェントロボット

【適用領域】

- ✓サイバーフィールドに基づく業務内容の変革と高度化
- ✓サイバーフィールド教育プログラムの開発
- ✓サイバーフィールド適用の効果測定手法の開発

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

