PRMU第二期グランドチャレンジ
PRMU応用研究における
オープンアイデア

中澤篤志(京大)，山崎俊彦(東大)，松下康之(阪大)
安倍　満(デンソーITラボ)，舩冨卓哉(NAIST)
木村昭悟(NTT)，内田誠一(九大)，前田英作(東電大)

応用研究でのGCを考える経緯

- 根本的な前提：In-Outが明確に定義されている問題はもう多分解ける.
- GCとしてはその次にいかなければいけない.

- GCの当初は，今後起こるであろう広範な社会問題を取りあげ，そこでデータセットを準備しPRMUコミュニティに資する（みんなで取り組む）事を期待
- なかなかそういうデータはない

社会的背景

ヘルスケア
健康・医療・介護

農業・狩猟

大規模な未知データ
予測問題
⇒気象・宇宙

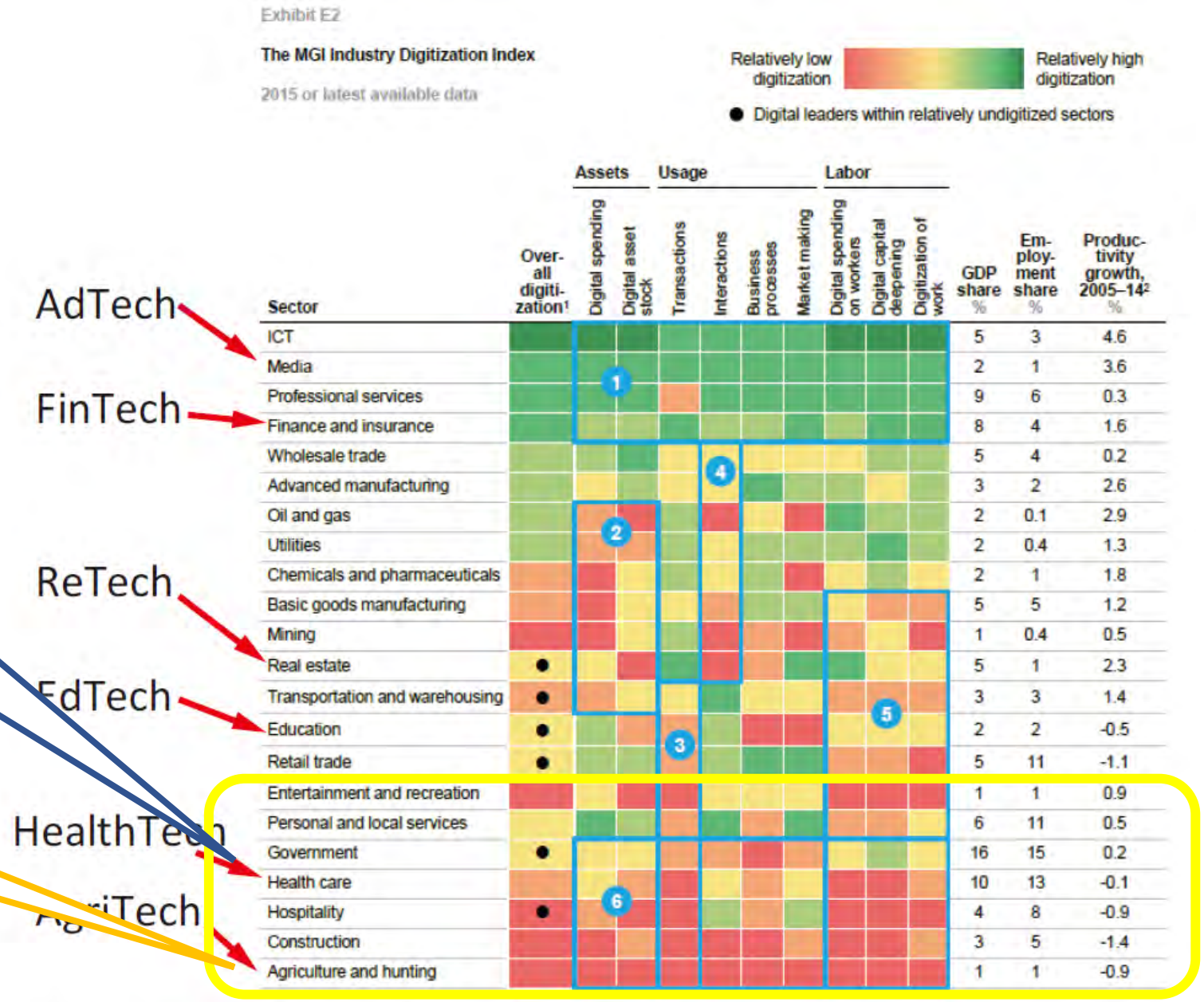
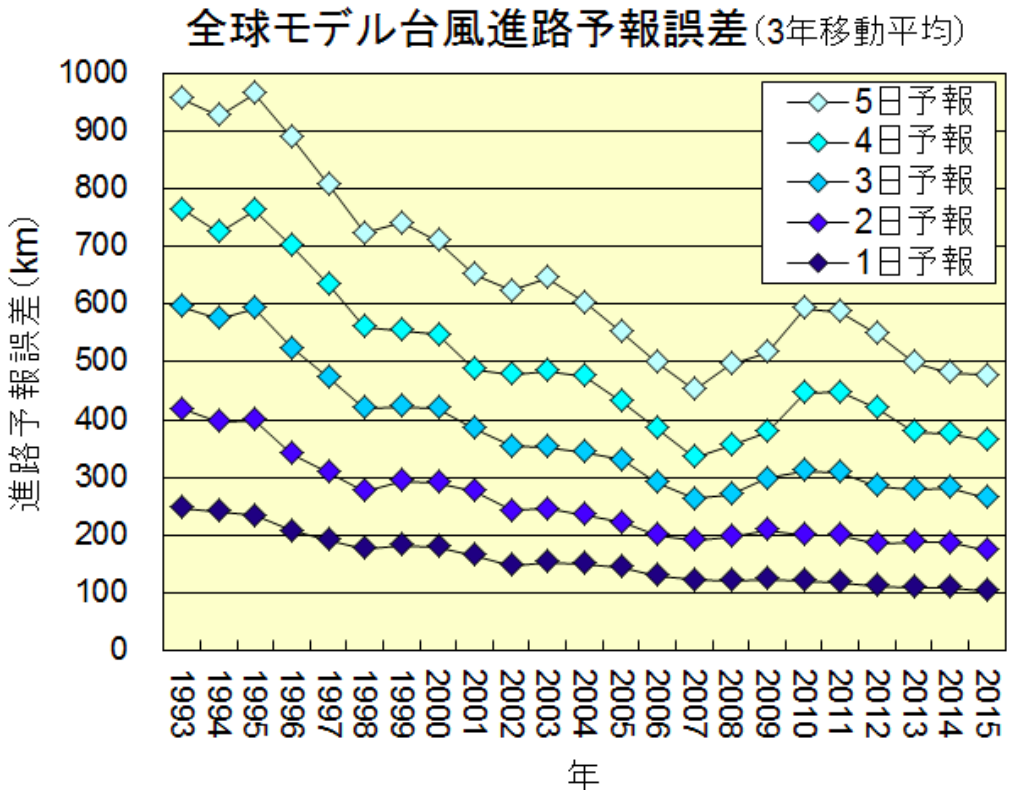


図 1　産業別デジタル化インデックス (The MGI Industry Digitiza-tioin Index (McKinsey) より改変して引用)（山崎先生@MIRU2017）

松下

PRMUで未来予測 - 天気予報

- 成功例（e.g., 天気予報）もあり、ある程度は可能であろう
- 昔に比べると天気予報の精度は格段に向上している
  （http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/whitep/1-3-9.html）
  - 観測データの増加・品質改善
  - 数値予測モデルの精緻化
  - コンピュータの処理能力向上

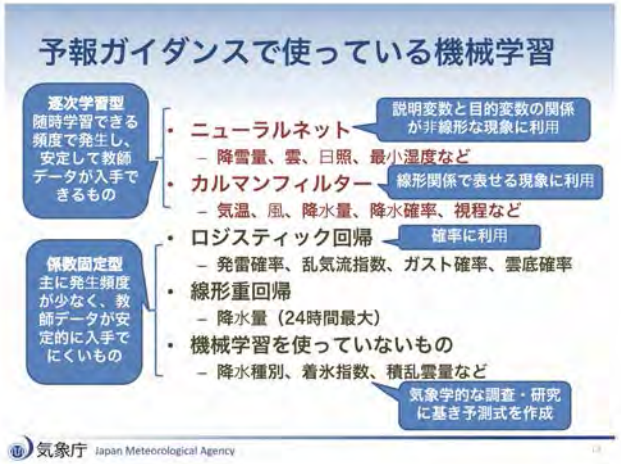


より精緻なモデル、大量の観測データ、
計算能力による予測の上界とは？

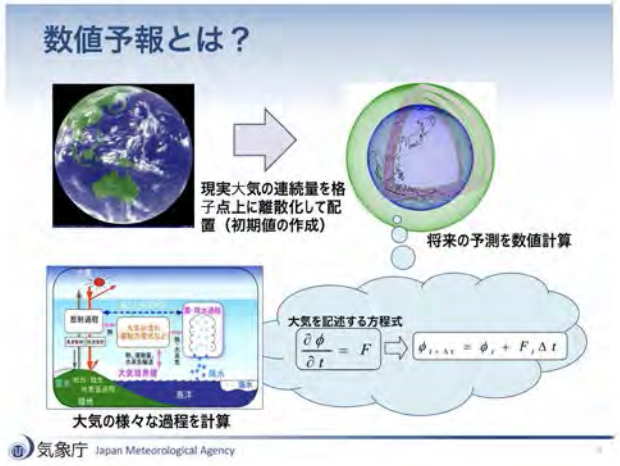
松下

気象庁における機械学習の利用

- https://goo.gl/Jw6yBd
- 帰納的予測と演繹的予測が混在
- 部分的にニューラルネット等の機械学習を用いているもののディープラーニング等については未知数とある



機械学習による帰納的アプローチ



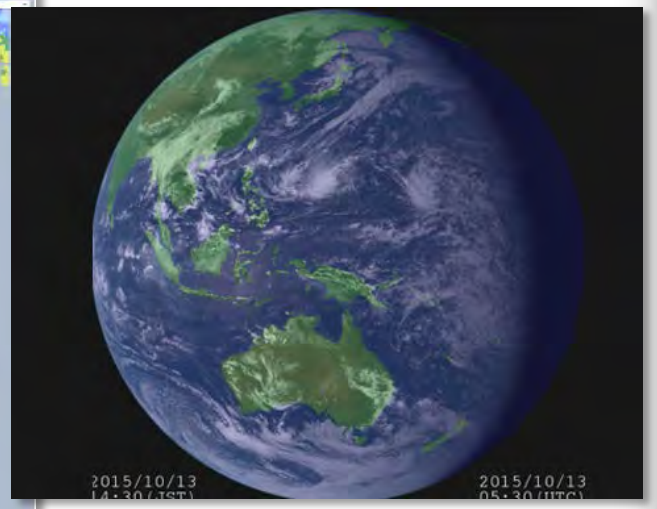
シミュレーションによる演繹的アプローチ

松下

DIAS（Data Integration and Analysis System）

- 気象観測データ等をまとめている（フォーマットの定義も）

- http://www.diasjp.net/



松下

DIAS（Data Integration and Analysis System）

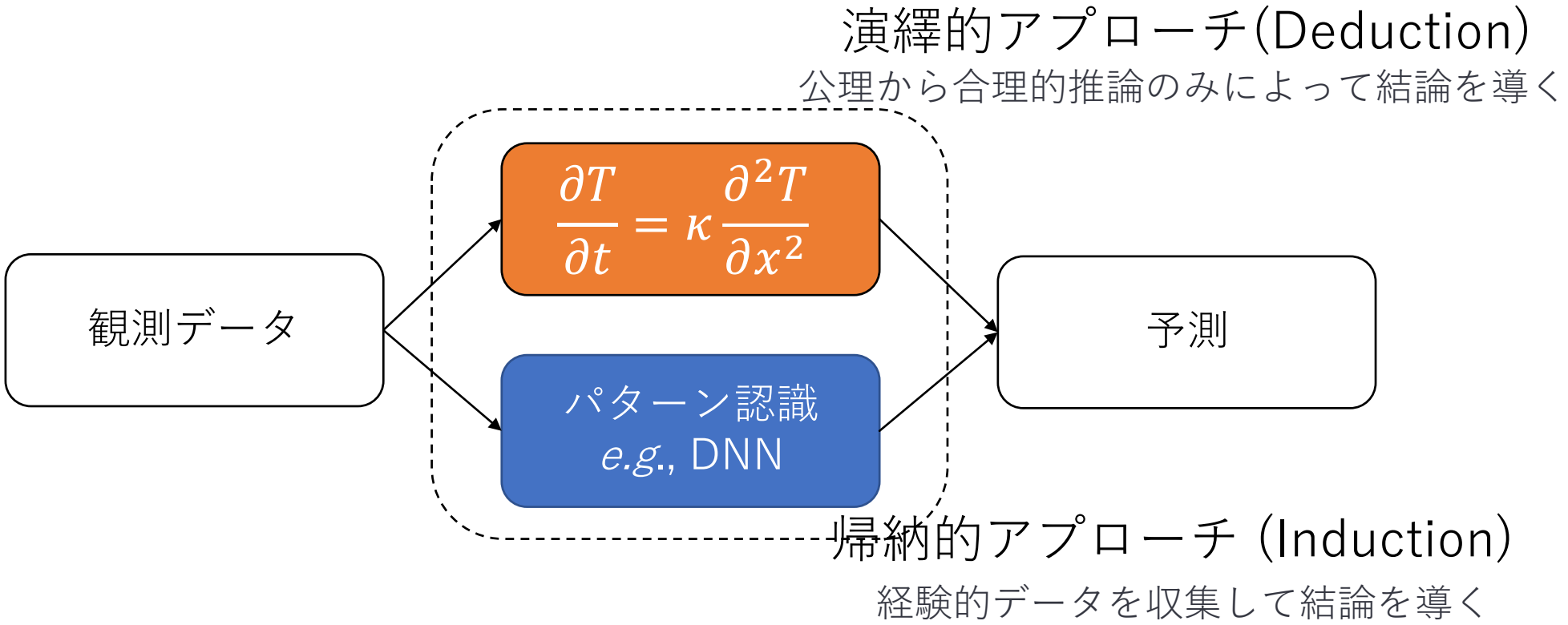
- DIAS Webpageからの引用

「2010年度にはプロトタイプの開発が完了し、世界で初めて多種多様かつ大容量な地球観測データ、気候変動予測データ等を統合的に組み合わせ、水循環や農業等の分野における気候変動の影響評価や適応策立案に資する科学的情報を提供するプラットフォームが実現しました。そして2011年度からは第II期としてDIASを社会的、公共的インフラとして実用化するための更なる高度化・拡張を実施し、2016年度からは実運用に向けた第III期がスタートしております。」

松下

PRMUで天気予測 - 課題

1. モデルの高度化及び、PRMUの応用
   - 物理ベースの数理モデルとデータ・ドリブンな機械学習はどのように融合するのが良いか？



JST CREST 人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開

「優しい介護」インタラクションの計算的・脳科学的解明

京都大学　九州大学

静岡大学　NAIST

独立行政法人国立病院機構 東京医療センター

digital sensation

- TOP
- 研究体制
- 研究
- 報道等
- 研究成果
- お問い合わせ
- 関連サイト

Japanese / English

お知らせ

2017/10/5
博士研究員を募集しています．詳しくはこちらをご覧ください．

プロジェクトの目的

本プロジェクトでは，認知症に対する「優しい介護」の技術（スキル）に着目し，

1. 介護動作をウェアラブルセンサや人工知能（AI）等を用いて計測
2. 脳活動計測で「優しい介護」を行う際の感情認知機構を理解得られた情報を統合して「優しい介護とは何か」を解明します。それに基づき，
3. 介護のスキルを学べる手法やシステムを開発します．優しい介護が被介護者に有効かを可視化する技術も併せて開発し，
4. 実際の医療現場や介護現場において計測・実証確認し有効性を検証します。

介護スキル体系として国際的に知られている「ユマニチュード」を対象とします．ユマニチュードは見つめる，触れる，話しかける，立たせるの４スキルを軸とし，同時に複数の要素を包括的にシームレスに行なうマルチモーダルなコミュニケーション技術で，それぞれに細目が存在します． ユマニチュードは被介護者の闊達を促し介護者には負担を軽減する「優しい介護技術」であり，本研究ではこのスキルを計算的・脳科学的に解明することを目指します．

計算的には「見つめる」スキルを画像認識，「触れる」スキルを接触・筋電，「立たせる」のスキルをモーションキャプチャと動力学解析，「話しかける」スキルを音声情報を用いて解析し，実介護現場での観察による複数スキルの統合手法を参照しながら，良い介護スキルとそうでないもののの違いは何であるかをセンシングデータで客観的に把握できるようにします．

次に，優しい介護の認知的な側面を探求する取り組みとして，ユマニチュードのスキルを被介護者が経験した際の認知の変化を，表情筋活動や脳活動(fMRI)の計測を通じて定量化します．これにより，ユマニチュードのスキルによって優しさや温かさといったポジティブな感情が喚起されるという提案を実証的に検証，さらに，そうした認知変化を生み出す脳内作用メカニズムを解明します．

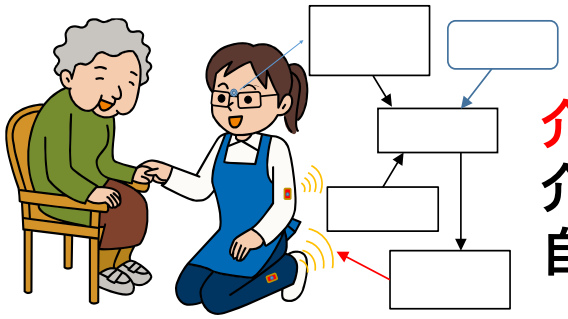
上記の計算的・脳科学的解析から介護スキルを抽出できると，ウェアラブルデバイス・IoTを用いて，介護のスキルを自動評価できるシステムの実装が可能になります．これらを医療機関や介護施設で試験導入し「優しい介護」を学ぼうとする学習者自らが，スキルを自己学習することが可能になるかを検証します．

ゴール・将来展望

対象領域を
広げる

医療情報化への貢献「コミュニケーションの処方」
→医療コミュニケーションも定量化・処方
　される時代に（e.g. 精神科領域等）（補足資料8）
→本研究での成果の利用展開

介護情報化への貢献
→定量化されたコミュニケーション情報と介護
　効果の検証による**Evidence Based Care (EBC)**



介護現場に対する
介護スキルの
自動評価システム

評価システム・デバイスの
低廉化
⇒**家族介護者**への優しい介護
スキル学習システム

CREST範囲

社会的リーチを
広げる

GCを0から考える

- 現在の社会問題からの発想は**もうできてそう（手がつけられている）**

- GCメンバがゼロから考える今後の問題(Open Idea)
- その結果，PRMUの基礎・応用という分類になったが，適切ではなかったかもしれない

PRMU-GC > 新しいセクション 1

2017-09-30

2017年9月30日 11:09

データ

問題設定

問題解決方法

応用

計算系

超並列時代における機械学習の最適化
・例えばDNNの場合、本当にBackpropagationが最良の解を与えるのか？
・ほかにも、「最適化が難しいから諦めている」問題設定は無いか？
・メモリスタ
・量子コンピュータの台頭（量子アニーリングを含む）
・来るべきFPGA+CPU時代の最適化をまじめに考える
・離散最適化が連続最適化に勝る？
・超大規模モデルの大域最適解の獲得は可能か.

超低消費電力分散処理
PRMUの問題ではなく、HWの問題かもだけど
消費電力1W以下、速度1msec以下でVGG16，ResNet級のDNNが動くようになったときに何が起こるか？を考える
・超絶に複雑なロボット制御ができるようになる？
・例えば、イベントカメラと組み合わせると何が起こる？
ex. 米を一粒一粒検査して品質・味を大幅向上
→超高速で食品の外観検査ができる、とか。
ex. 米の品種改良のやりかたに革命おこる？

パターン利用による，計算困難さの克服

No free lunch theorem はPRで越えられる？
こんな問題にはこんな最適化を使えばOK,的な？
（halliciaationが，標本化定理を越えているのと類似？）

人の理解・センシング

外部に表出しているもの（表情・視線）などの技術による人の内部状態センシング

A君チューリングテスト
（今コミュニケーションしているのはホントにA君？）

「不気味の谷」はDNNで説明できるか？
・誰かやってたでしょうか？

認識問題と脳イメージング
・今は説明に使っているだけだけど演繹的に使えるか？
仮想生命シミュレータ
・人や生命のふるまいをモデル化，シミュレート

認識問題と錯視
・人の錯視とDNNの錯視

スキルの定量化

学生のビヘイビアから能力を評価する
（試験のない世界，）

アフォーダンスの理解
・人の把持の理解など
・大量パターンからの学習だけでなく，どうしてかを考える

人の説得・行動変容
・渋滞解消のためにといっても自分だけ動く時間を変えたく
医師の指示を聞かないで悪化する患者
↑これ面白い．「納得工学」．
↑人によって，腑に落ちやすい/落ちにくい説明の仕方があるそうです：交渉学？ってのを使ってる人がいました

摂取した栄養の自動計算は可能か

自己承認欲求（北海道での議論）
満足感・幸福感の演出？

社会問題

自動運転のLV3 -> LV4と同じでPRでもユーザのPriorは考えるべき
・もうできているでしょうか？
・PR問題の地域性

社会の最適化
・渋滞問題
・配送の問題
・手間のコストを考えた事務処理
・etc
などは解けるはず

ルーチンワークのマクロ化
・Dynamic macro: https://www.pitecan.com/DynamicMacro/
・自分の行動のログを取り続け、よくある行動をマクロ化して雑用を減らすパターン認識技術（ができるといいな）

全自動裁判：有罪無罪の2クラス問題
（スタティックな分布を想定した識別器じゃ無理？）
↑これこそ，結果のreasoningが必要そうですね．識別結果ではなく，理由が大事そう
特徴空間中でのNearest Neighborが所謂判例になってくるのかな？
↑法律解釈の曖昧性の解消，判例のな
雑用を解消してくれるAI　（人を忙しくしないAI）

インターネットは便利なようで、↑は失敗
↑ほしい！実際，私のキャラを見抜いて，そのうち勝手にメール返してくれるようなシステムが超ほしい．申請書の下書き作ってくれる奴も超ほしい！

行動予測・未来予測

超汎化Kernel Function
・まあ無理そう

天気予報

車の行動予測
人のコントロールが影響するものにシンプルなモデル（カルマンフィルタ）のようなものは乱暴。

未来予想は複雑系の理解が要る？

～N分後完全予測～
できる問題クラスとできない問題クラスの定義

センサ

新しい計測デバイスの提案
・いまあるデータの中で考えるのではなく、結局我々はどんなデータがほしいのか？
・イノベーションは新しい計測機器から生まれている

・完全データを取るのではなく，異常データのみを収集

GCメンバーで考えたOpen Idea

データの表現・問題設定
（入力は何？　出力は何？）

入力データ形式の多様化

グラフ構造に対応できれば，対象が広がる？

未観測値（*）を許すって，どのくらいあるんでしょうか？

個人的には，実数値以外（複素数など）を要素として持つデータも興味があります

http://proceedings.mlr.press/v70/valera17a/valera17a.pdf

正解ラベルの問題

・ラベルがない

・ラベルにノイズが多い

・正しくラベルの定義ができない

多次元配列でないものの認識

・すべてベクトル埋め込みしてしまうという手はありますけどね..

・LIDAR点群データ（月並みか・・・）

「常識」の獲得

真値データ入力から解放される方法を考える

・「強い」センサによる「弱い」センサ用dataset（半）自動構築

・ Simulationも？

（既に着手され盛り上がってますが，まだまだ不十分な課題として）ソースコードのバグリスク検出

ソフトウェア工学へのパターン認識の展開

・肥大化するソフトウェア

・

ファジングとは、ソフトウェアの不具合（とくに脆弱性を意図することが多い）を発見するためのテスト手法の一つである。ファズ（英：fuzz）（予測不可能な入力データ）を与えることで意図的に例外を発生させ、その例外の挙動を確認するという方法を用いる。→ PRの出番？

＜オムロン　井尻さん＞

0からの言語・音声・画像理解

（赤ちゃんが行うようなラベルなし学習？）

わからないことを認識する

・予め定義されたクラスのどれかを出力しない

・これができると計算機が能動的に学習できるようになる？

＜オムロン　井尻さん＞

3. 異なるメディアの融合

・Nominal, Ordinal, Interval, Ratio Scales全てを、状況に応じて統合できるようにすること

・不足のデータをうまくエンコードできること

＜オムロン　井尻さん＞

10. AIシステムと性能保証のあり方

一例：AIと非AIの組合せ等？

・「学習」のみから、「記憶＋学習」

→明示的なメモリの実装

・これによりDeterministicな安心感実現(教えた事を記憶、破壊的忘却しない)

・ノイズリスクが非定常に変わる問題．対象の分布が非定常に変わる問題（≒対象のラベルが非定常に変わる問題）．対象自体の特徴が変わる問題．目的関数自体が非定常に変わる問題．制約条件が非定常に変わる問題．

＜オムロン　井尻さん＞

9. 最適から、快適へ、大衆最適から個人最適へ、

パーソナライズされたAI、自分を知り尽くしてくれるAI

例：急ぎの時と、家族と一緒の時で、経路を変更するナビ等

＜オムロン　井尻さん＞

5. 人のような結果を返すAI、人の常識をエンコーディングしたAI

・人にとって安心できる結果を返すAI

多目的最適化って，超重要なはずなんだけど，あんまりPR使われてない．

・人が経験的にうまくやっていることの自動化

一例：逆強化学習等

＜オムロン　井尻さん＞

4. InputからOutputへ

・認識や理解のみならず、制御、計画まで。

一例：強化学習

Classifier, regressorの出力の理由説明

これは企業の人から常に言われる。

特に匠の世界の人。デザインとか。

サイエンスの課題をEnd-to-endで解く

観測可能な情報： すべてが観測できても解けない問題は何か

観測が困難な情報：

観測できない情報： 思考，感情，未来　ー人間の内部状態

現在するデバイスを用いて時空間すべてを埋め尽くす観測ができたとしても解けない問題はあるか．

－ 個人の中に埋まっている思考や感情に関わるものは難しい．

人間の思考や感情をすべて観測できたとしても，やはり解けない問題はあるのか．

－ 未来予想図とかは難しいのかもしれない

↑１枚のティッシュペーパの落ちるところは予測できなくても，平均値は予測できる？統計的熱力学ならぬ，統計的人間熱力学．

データ同化からモデル同化へ

モデル（≠パラメータ）の自動チューニング

https://qiita.com/cvusk/items/6684549e1c95d8e1cdd4

＜オムロン　井尻さん＞

8. Labから現場へ

・どれだけデータを集めても、全ての現場の固有性をカバーできない。

・一方で、現場作業者にAIを訓練させるのは極めて困難

・現場の少量のデータで学習したり、現場での自律学習が重要

アンケートより；　学習データが恣意的に歪められた場合、学習結果もまた歪むのでしょうか?もしそうであれば、例えば監視カメラに犯罪を自動的に検知させるシスムを構築する時、検挙数を水増しする為に曖昧なデータは全て「やった」とラベル付けし、冤罪が増えてもDNNの強力さを盾に開き直るのではないか。 もし、上述が問題になり得るならば、データの偏向をDNN が学習過程で検知する仕組み、またはデータ作成ガイドラインが研究される必要があるように思えます

＜オムロン　井尻さん＞

7. 自律学習

・教師付き(教師データの曖昧さなし、全てに教師があることが前提)から強化学習へ

・報酬が少なくても学習を続けるための内部報酬(好奇心/エクスタシー)

＜オムロン　井尻さん＞

2. 認識から理解へ

・関連する概念の連想、ストーリ化まで考えた最適化。

＜オムロン　井尻さん＞

6. 人とのやり取りで成長し続けるAI

・Life-long学習とその性能保証(変な方向に行かないこと)

・人からの少しのフィードバックで挙動変更できるAI

ゲーム理論化って，超重要なはずなんだけど，あんまりPRで使われてない．

認識結果を返すとユーザーがどのようにリアクションするかとか，ダイナミクスとして捉えた話が少なすぎる．

まとめると

[基礎・応用に共通する問いかけ]

- パターン認識と計算量：計算量が問題なくなったときに何が起こるのだろうか？

[(どちらかと言うと)基礎分野に関連する]

- センサデータ：インパクトの有る新しい情報は獲得できるか？
- データの表現・問題設定（入力は何？　出力は何？）

[(どちらかと言うと)応用分野に関連する]

- 人とPR：我々は人の心を知れるか？人の行動を変えられか？
- 行動予測・未来予測：より複雑なものをPR で解けるか？
- 社会問題：個人ではなく社会全体をPR で変えられるか？

パターン認識と計算量：計算量が問題なくなったときに何が起こるのだろうか？

超並列時代における機械学習の最適化

- 例えばDNNの場合本当にBackpropergationが最良解を与えるのか?
- 他にも「最適化が難しいから諦めている」問題設定はないか？
- メモリスタ
- 量子コンピュータ（量子アニーリング）の台頭
- 来るべきFPGA+CPU時代の最適化を真面目に考える
- 離散最適化が連続最適化に勝る?
- 超大規模モデルの大域最適解の獲得は可能か?

パターン認識による計算困難さの克服

- 最適化問題（例えば巡回セールスマン問題）をパターン認識で解く

超低消費電力分散処理

- PRMUの問題ではなくHWの問題から生じる限界を超えられるか？

消費電力１W以下，速度1msec以下でVGG16, ResNet級のDNNが動く様になったときに何が起こるかを考える

- 超絶に複雑なロボット制御ができるようになる?
- 例えばイベントカメラと組み合わせると何が起こる?

  Ex. コメを一粒一粒検査して品質・味を大幅向上
  超高速で食品の外観検査ができる，等

  Ex. コメの品種改良のやり方に革命が起こる?

人とPR：我々は人の心を知ることができるか？　人の行動を変えられるか？

外部に表出しているもの（表情・視線）以外の技術による人の内部状態センシング

人の説得・行動変容
- 渋滞解消のためにと行っても自分だけ動く時間を変えたくない
- 医者の支持を聞かないで悪化する患者

認識問題と脳イメージング(Brain Imaging)
- 今は認識現象に対する説明に使っているのみ
- 演繹的問題適用に使えるか？

仮想生命シミュレータ
- 人や生命の振る舞いをモデル化・シミュレート

行動予測・未来予測：より複雑なものをPR で解けるか？

車の行動予測

- 人のコントロールが影響するものにシンプルなモデル（Eg. カルマンフィルタ）のようなものは乱暴

パターン認識で現在の天気予報を超えられるか?

N分後完全予測

- できる問題クラスとできない問題クラスの定義は可能か?

社会問題：個人ではなく社会全体をPRで変えられるか？

社会の最適化
- 渋滞問題
- 配送の問題
- 手間のコストを考えた事務処理

などは解けるはず

雑用を解消してくれるAI（人を忙しくしないAI）
- インターネットは便利なようで，実は人は忙しくなっている

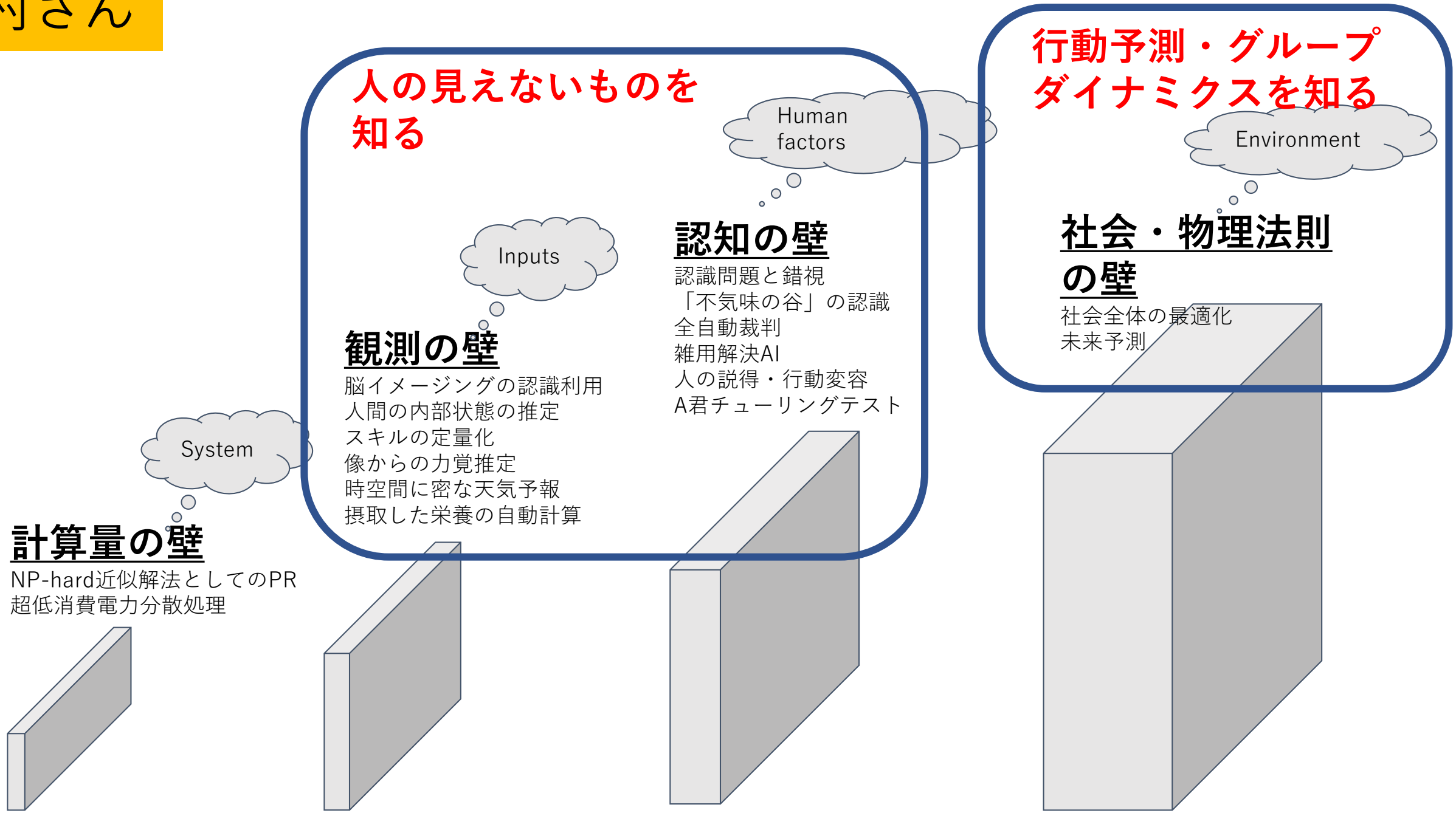
ルーチンワークのマクロ化
- 自分の行動のログを取り続け，よくある行動をマクロ化して雑用を減らすパターンを認識・行動化する技術

全自動裁判：有罪無罪の２クラス問題
- スタティックな分布を想定した識別器じゃ無理？

↑結果のreasoningが必要そうですね．識別結果ではなく，理由が大事
- 特徴空間中でのNearest Neighborがいわゆる判例になるのでは

↑法律解釈の曖昧性の解消，判例のない事例への対応が必要

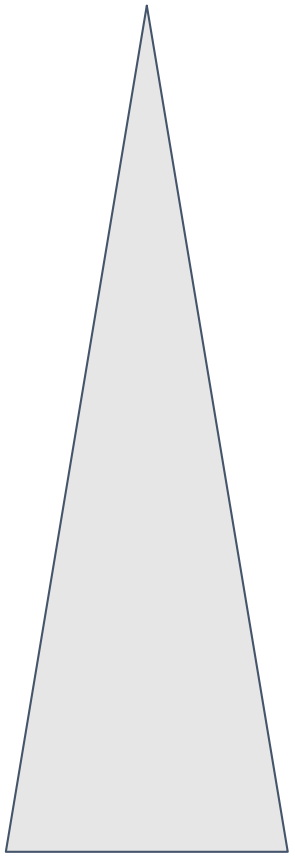
木村さん


人の見えないものを知る
行動予測・グループダイナミクスを知る
Human factors
Environment
Inputs
System
認知の壁
認識問題と錯視
「不気味の谷」の認識
全自動裁判
雑用解決AI
人の説得・行動変容
A君チューリングテスト
社会・物理法則の壁
社会全体の最適化
未来予測
観測の壁
脳イメージングの認識利用
人間の内部状態の推定
スキルの定量化
像からの力覚推定
時空間に密な天気予報
摂取した栄養の自動計算
計算量の壁
NP-hard近似解法としてのPR
超低消費電力分散処理

安倍さん

PRの活用としての課題　～良く売れるブルーバックス本の目次のイメージでまとめてみる～

internal



external

パターン認識と人間　～生物のデジタル化～

スキルの定量化／自己承認欲求／満足感・幸福感／学生のビヘイビアから能力を評価する（試験のない世界．）／人の錯視とDNNの錯視／A君チューリングテスト（今コミュニケーションしているのはホントにA君？）

パターン認識と科学　～演繹と帰納の融合～

未来予想は複雑系の理解が要る？／モデルベースの予測に機械学習のエッセンスを加える／車の行動予測。人のコントロールが影響するものにシンプルなモデル（カルマンフィルタ）のようなものは乱暴。

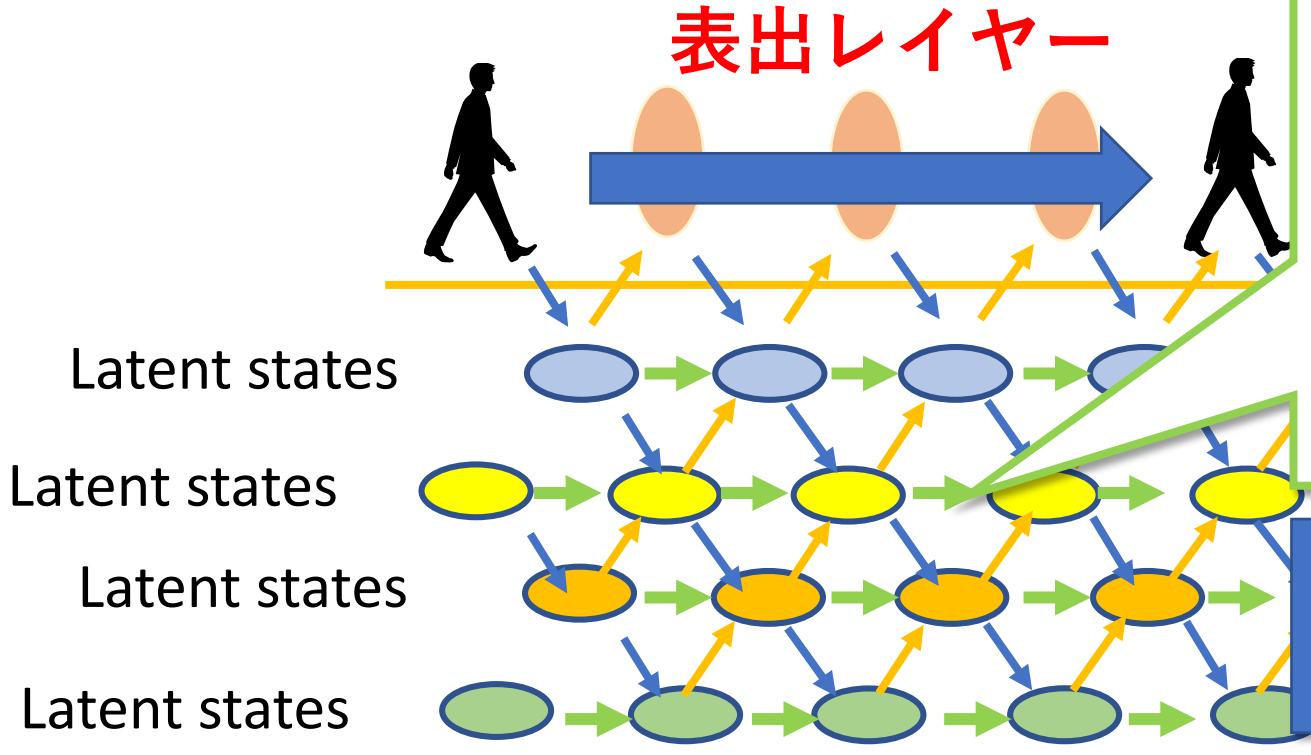
パターン認識と社会　～～

パターン認識と未来　～～

人の行動予測とN階層レイヤ

キーワード：人・人の内部状態・行動・行動変容，社会・社会行動・人と社会

- **人の行動は表出レイヤーで観測される**
- **表出レイヤーの行動は深層レイヤーの状態遷移で予測できる**
- **レイヤーのレベルにより観測可能なもの（例えば生理指標や脳イメージング）と不能なものがある**



- どのようなモデルなのか？（グラフが適切であるかわからないが，人が理解可能なモデルであったほうが良い）
- 深層レイヤは観測可能なのか？
- 初期状態は推定できるのか？
- 人に依存しないのか？
- 深層レイヤは感情とマッピングするのか？（感情表出・潜在感情の問題）

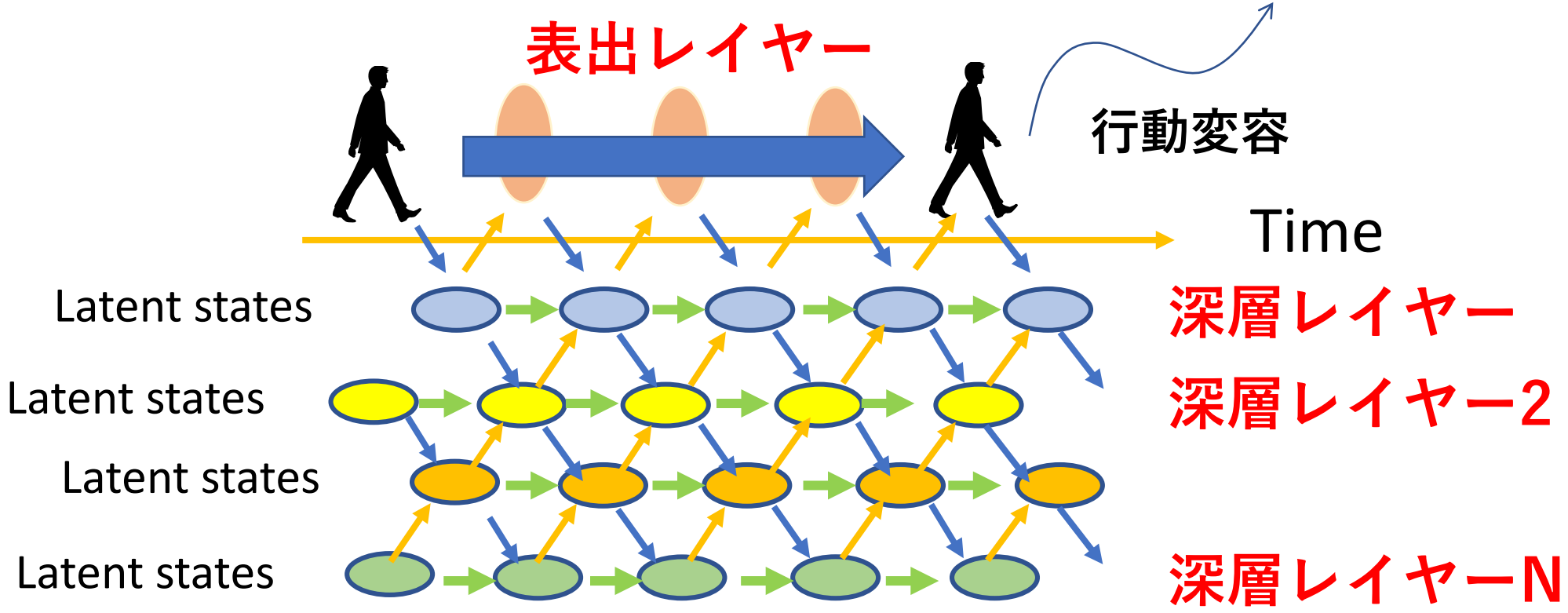
個のモデル

- **人の表出をうまく説明するモデルを考えることで，人の心が理解できるか？**

人の行動予測とN階層レイヤ

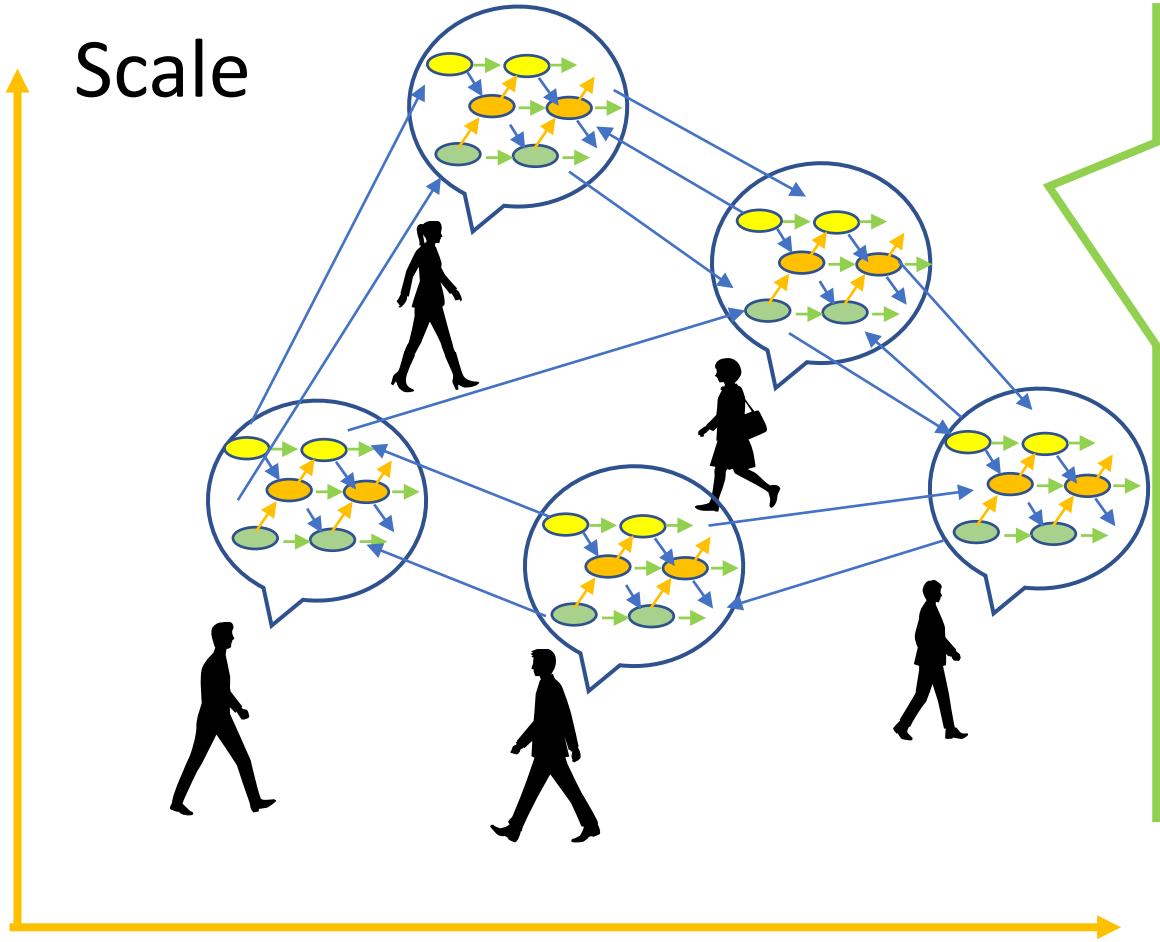
キーワード：人・人の内部状態・行動・行動変容，社会・社会行動・人と社会

- **深層レイヤーに何らかの外乱を与えることで行動が変容ができるか？**



個のグループの行動予測・変容

キーワード：人・人の内部状態・行動・行動変容，社会・社会行動・人と社会



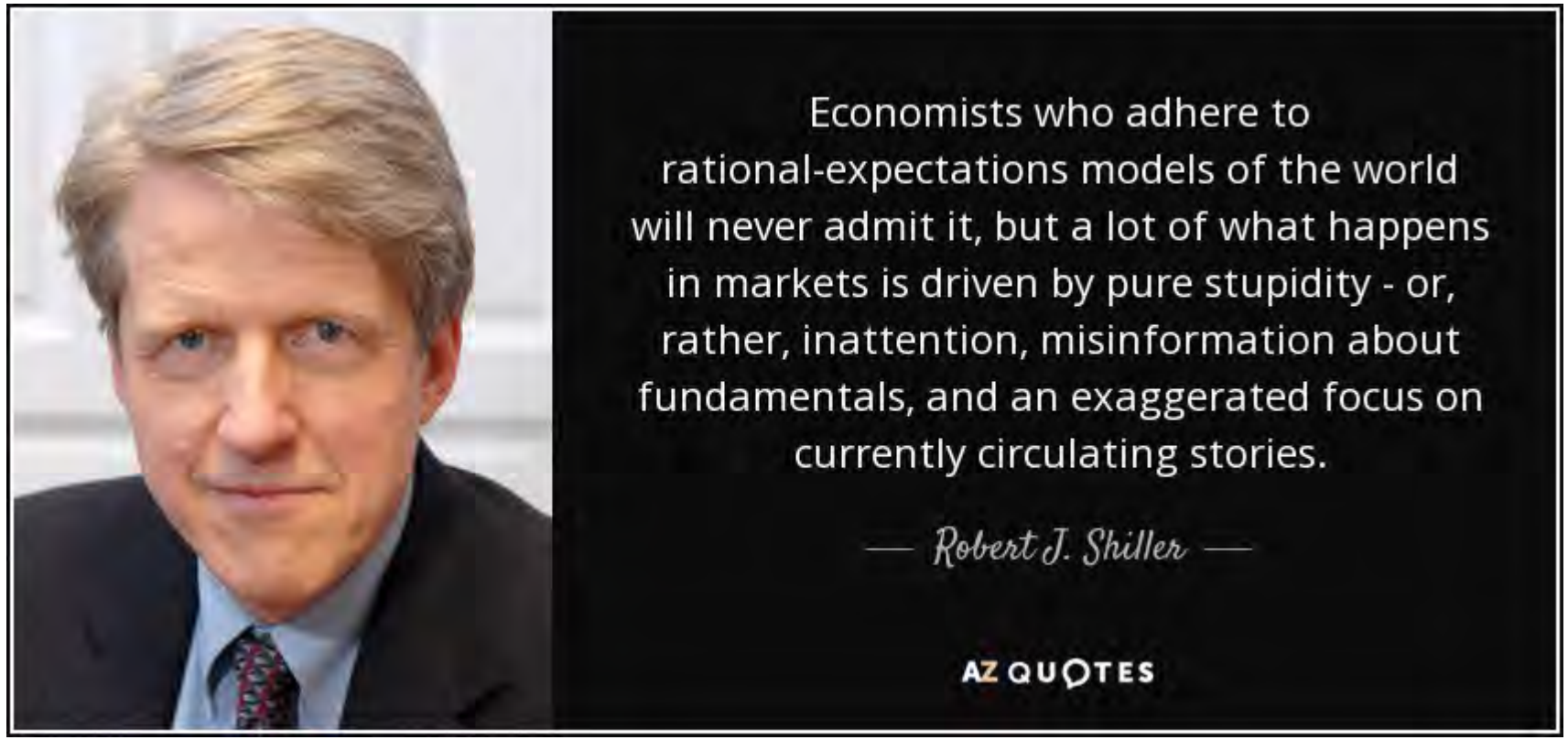
- 集団（社会）の行動も個の行動の複数階層レイヤーとそのインタラクションで記述できるだろうか？
- ただし，他者からは表象レベルのみしか見れない
- 人の他者の内部状態を表象レベルのみから部分的に推測できる
- 部分観察のみからの社会的ダイナミクスをモデル化できるのか

行動経済学の知見

- **人は必ずしも合理的に行動するわけではない(認知バイアス(Cognitive bias))**

  e.g. オークション問題

- 不合理さを説明する方法が必要



行動経済学

行動経済学（こうどうけいざいがく、英: behavioral economics）あるいは**心理学と経済学**（しんりがくとけいざいがく、英: psychology and economics）とは、心理学的に観察された事実を経済学の数学モデルに取り入れていく研究手法である[1][2][3]。

概要

従来の新古典派経済学が採用していた仮定は

- 人々はベイズ主義的に推論する。
- 人々は静的な選好を所与として意思決定する
- 人々は期待効用を最大化する。
- 人々は動学的意思決定において将来の効用を指数的に割り引く。
- 人々は自身の効用のみに関心を持つ。
- 人々の選好関係は帰結の集合上に定義される。

といった特徴を持っており、

$$\max_{x \in X} \sum_{s \in S} \pi(s) U(x|s)$$

という単純な形をした最大化問題によって経済主体の意思決定が定式化される[† 1][6]。
しかし、心理学的な研究によってこれら仮定の重要な誤りが明らかになっていった。
こうした伝統的な経済理論に対して、行動経済学の目標は心理学的エビデンスとの整合性を満足する代替理論を構築することであり、行動経済学の研究は次の三つに大分される[7]。

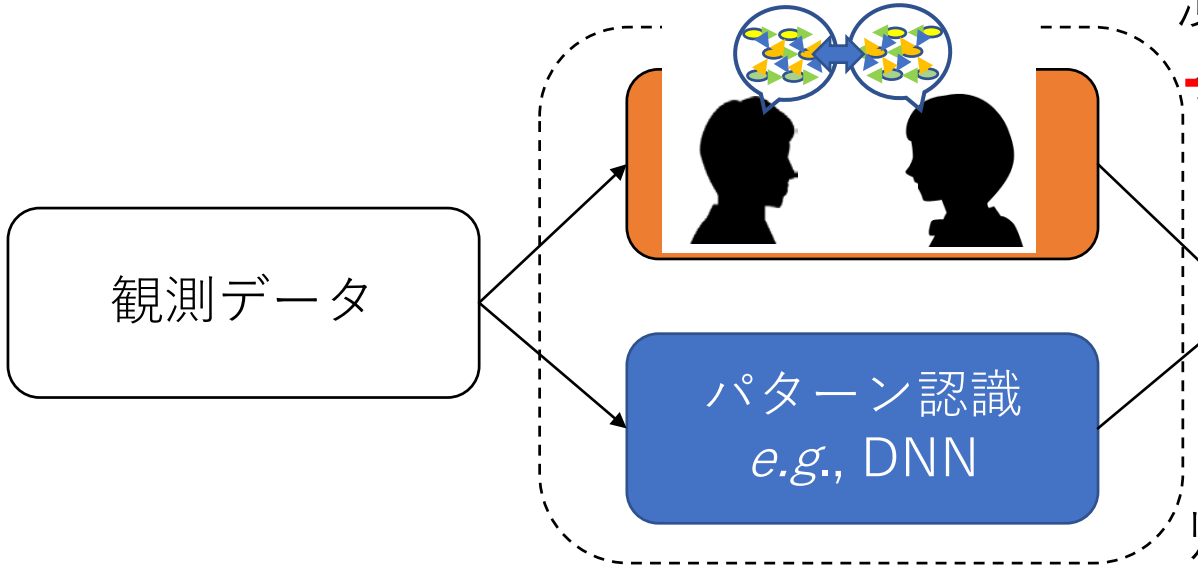
合理的PRと非合理的PR

気象予報・最適化問題

- 物理ベースの数理モデルと機械学習の融合

人の行動予測・変容

- **非合理な人の行動モデル**と機械学習の融合



演繹的アプローチ(Deduction)

~~公理から合理的推論のみによって~~結論を導く

人の思考（行動モデルにより）

帰納的アプローチ (Induction)

経験的データを収集して結論を導く