SS研合同分科会 2016

FUJITSU
shaping tomorrow with you

講演

富士通の人工知能 Zinraiの概要と適用事例

2016年10月28日
株式会社富士通研究所
知識情報処理研究所 主管研究員
土屋 哲

人工知能(AI)の動向

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD.

最近の人工知能の話題

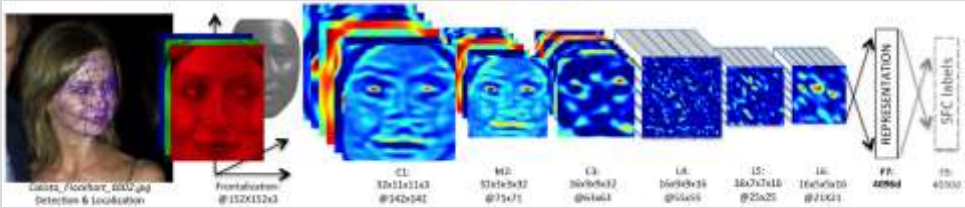
FUJITSU

画像認識

YouTubeの1000万枚画像データから
ヒトや猫の顔を高い精度で認識

出典：NY Times

DeepFace: 4030人、440万の
顔画像から人と同等精度の顔認証
（97.25%、人間は97.53%）



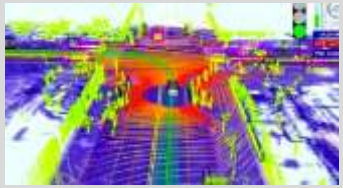
パーソナルロボット

感情認識型パーソナル
ロボット"Pepper"の
発売開始

出典：Softbank

自動走行車

112万km無事故の
自動走行車
時速200kmの試験
運転に成功



出典：Google

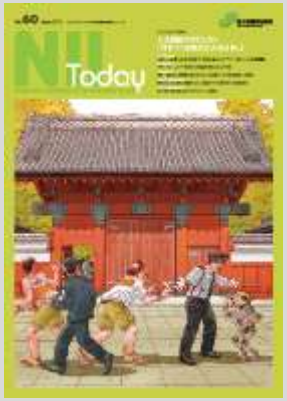
タスク特化型AIでヒトを超える

出典：
IBM

クイズチャンピオンに勝利

囲碁で世界チャンピオンに
勝利

出典：DeepMind



出典：国立情報学研究所

東大合格を
目指す

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

実応用へも急速に広がりつつある

FUJITSU

- GoogleがDeepMind (AlphaGo)の技術でデータセンターを40%省電力

1時間後の気候や設備の稼働状況を予測し、冷却設備の運用を細かく調整

出典：Google

- 欧州の業界団体が、自動運転トラックを隊列走行させて、欧州横断に成功

最も効率的な70km/hで、車間距離も短く安定走行。現状の25%コストで、運送能力は2倍に

出典：EU Truck Platoon Challenge

- 戦闘機AIが、模擬空中戦でベテランパイロットを打ち負かす

出典：Psibernetix

Psibernetix社のAIシステム「ALPHA」が、シミュレーターで行われた複数回の模擬戦闘で、元米空軍大佐のベテランパイロットを打ち負かした

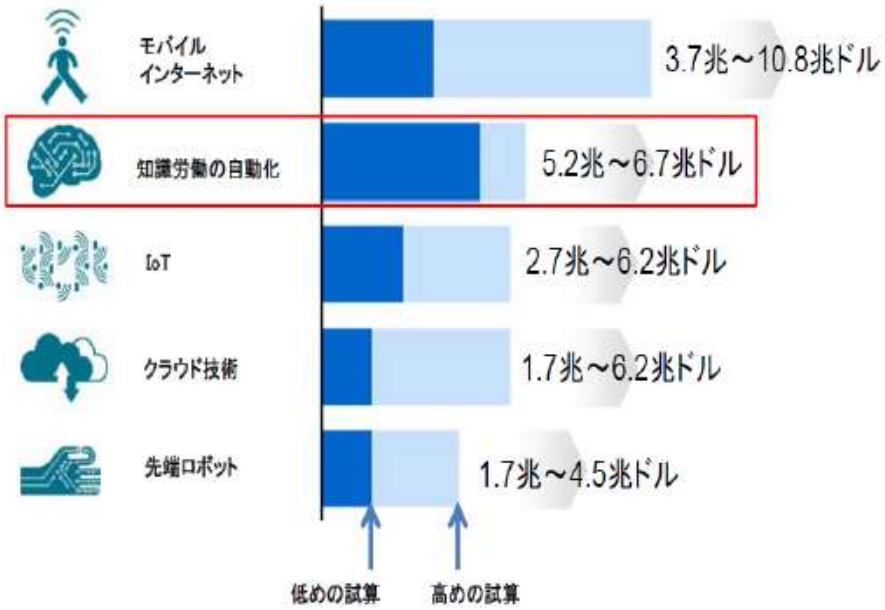
Deep Learningではなく、ファジイ論理を使用し、人が瞬きする250倍以上の速さで状況に応じた戦術をはじき出せる

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

AIがもたらす市場インパクト

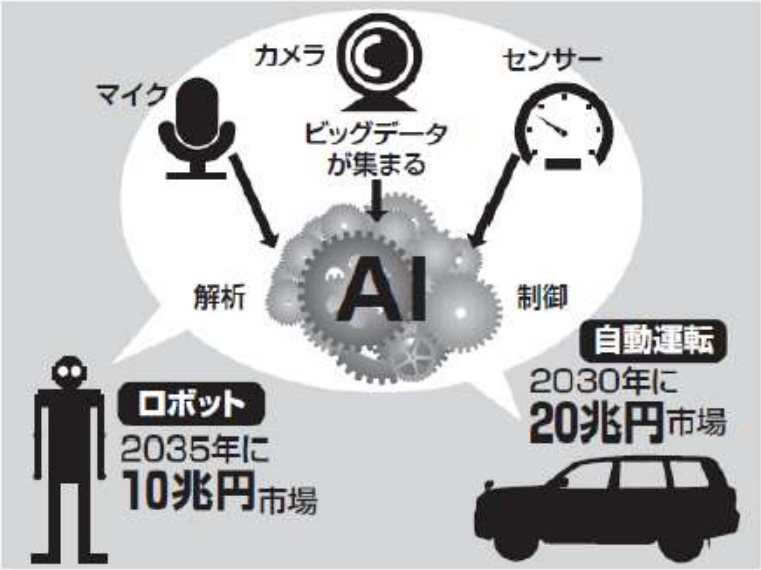
FUJITSU

先進技術の2025年における経済的インパクトの予測



出典: 総務省『インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会』参考資料集(2015.2.6)
McKinsey Global Institute "Disruptive Technologies" (2013)を一部改編

AIが発展させる日本のロボット・自動運転市場



出典: 週刊エコノミスト(2015.1.27)

AIによる経済的なインパクトは、IoT、クラウド、ロボットを上回る

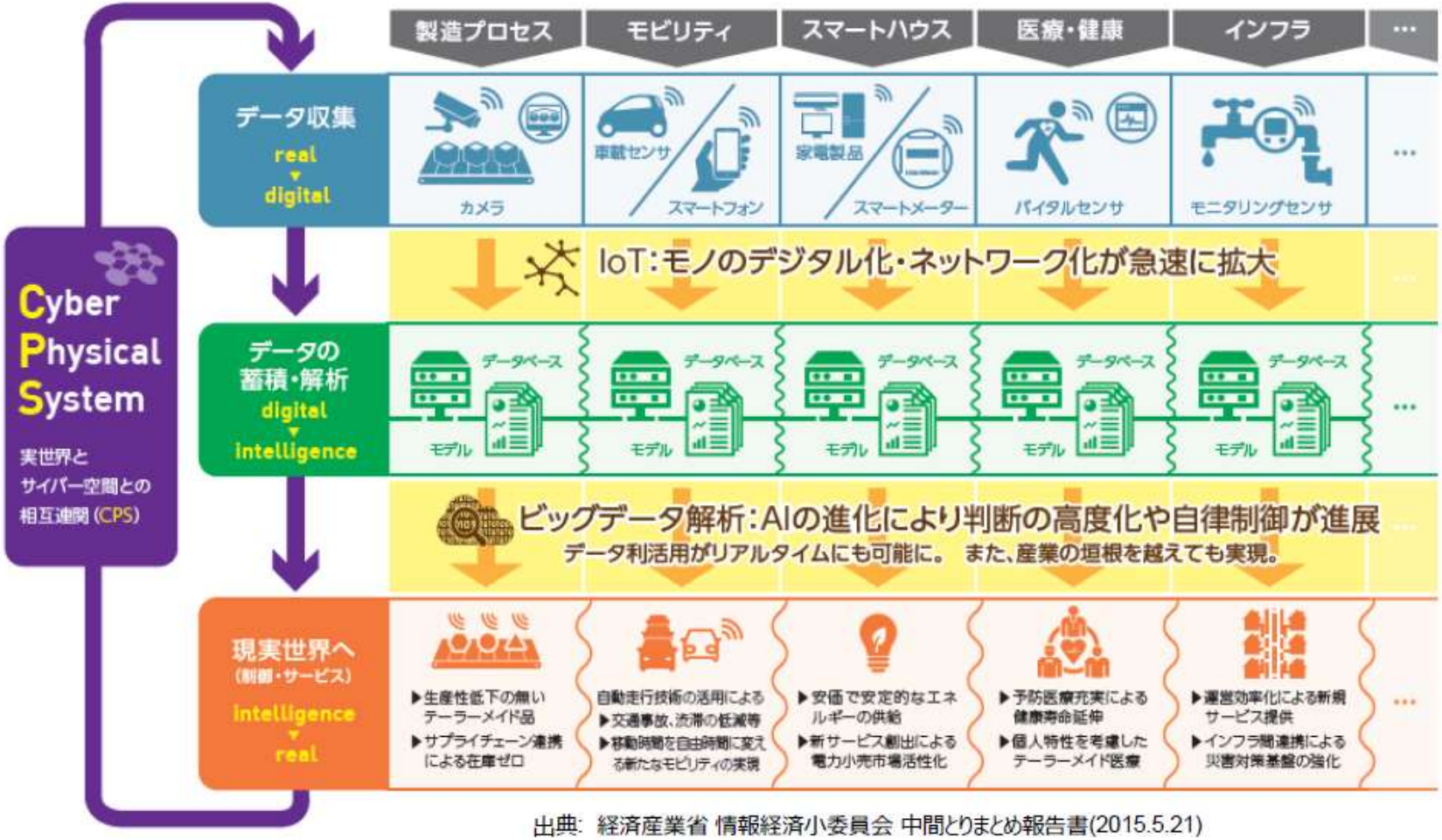
AIを制する者がロボット、自動運転を制す

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

AIが産業構造を変える

FUJITSU

IoT・ビッグデータ・AIが産業の垣根を越えた
ビジネスモデルを革新し、産業構造の大変革が起きる



出典: 経済産業省 情報経済小委員会 中間とりまとめ報告書(2015.5.21)

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

歴史を振り返る

FUJITSU

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

プロジェクト

★AI命名【'56】（ダートマス会議）

★AI失敗報告（ライトヒル）【'73】

★巨大AI PJ設立（日ICOT'82, 米MCC'83, 英Alvey'84）

★脳科学PJ設立（BRAIN Initiative, Human Brain）

システム

★チューリングテスト提唱【'50】

★対話ELIZA開発【'64】

★診断MYCIN開発【'73】

★DEC社R1【'82】

★チェスDeepBlue勝利【'97】

★日本版Siri【'12】

★Watson勝利【'11】

パラダイム

★パーセプトロン開発【'62】

★Lisp開発【'58】

★Prolog開発【'72】

★逆伝搬学習法【'86】

★ベイズネット開発【'88】

★Deep Learning脚光【'12】

探索・演繹推論の時代

第1次AI

トイプロブレムは解けても実用上の問題はほとんど解けずに、冬の時代へ

知識獲得の時代

第2次AI

専門家の知識を機械に教えこもうとしたが、それ自体が極めて難しく、冬の時代へ

機械学習の時代

第3次AI

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

第2次AIと現在のAIの違い

FUJITSU

『ビッグデータ×計算機パワー×機械学習アルゴリズム』により、データから知識を自動的に獲得できるようになった

これまでの将棋ソフト

・将棋をよく知っている人
・将棋の強い人、プロ

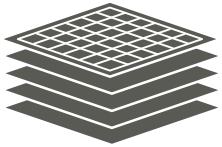
開発者の固定観念、先入観、主観などにより、パラメータ設定

約500パラメータ

アマチュア有段者レベル

機械学習を用いた将棋ソフト（2005年 *Bonanza～）

プロの棋譜
6万局

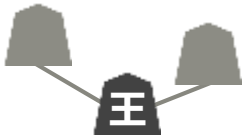


各駒の価値

例

87点　569点

駒と駒の位置関係



「局面評価関数」の最適なパラメータを自動学習

約1億パラメータ

プロレベルの棋力を実現

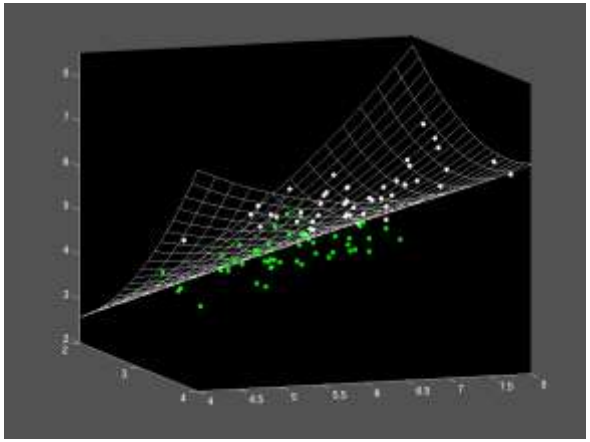
※「Bonanza」は、保木邦仁先生（現　電気通信大学特任助教）が開発したコンピュータ将棋ソフトです

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

機械学習とその課題

FUJITSU

- 機械学習とは
  - 与えられたデータからコンピュータが自動的に知識やルールを抽出し、学習・成長していく技術
- 現状は特徴の抽出が、分析の専門家のノウハウに依存しているため、精度や開発効率に課題



特徴生成は基軸を作る作業（この場合は3軸）。分類曲面は機械学習が作る

機器の故障予測

【特徴の候補】
ジャムやアラームやエラー、稼働期間、製品カテゴリ、気温、などなど

解約の予測

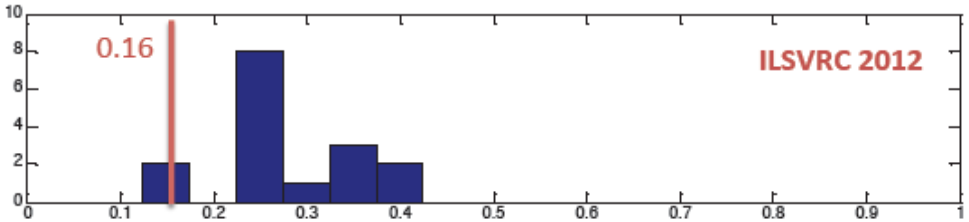
【特徴の候補】
年齢、住所、問合せ履歴、契約年数、契約状況、などなど

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

Deep Learningの概要

FUJITSU

- ヒトの脳を模したニューラルネットワークの最新技術
- 特徴点を自動抽出し、様々なパターン認識のコンペティションで桁違いの精度が報告されている
  - 画像認識、音声認識、など



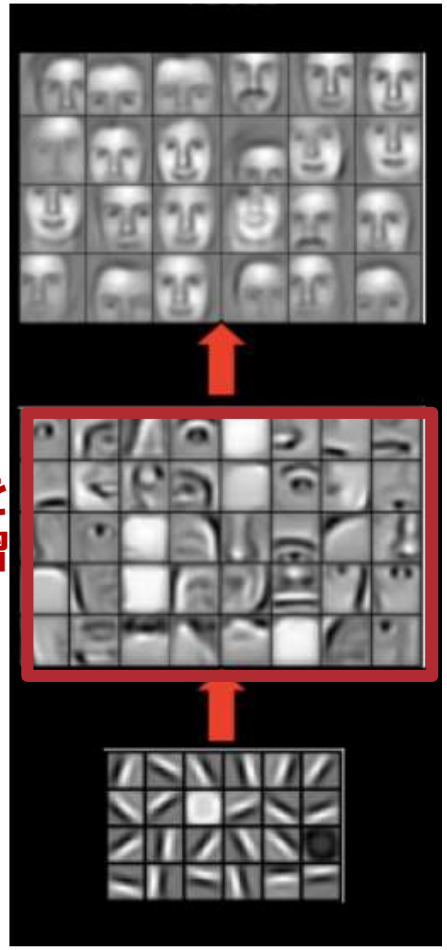
2012年　世界的な画像認識コンペ
ILSVRC2012 Task1（分類）
画像に何が写っているかをあてるタスク

トロント大が Deep Learningで圧勝

2016年　Deep Learningをベースにした
Googleの囲碁AI “AlphaGo”が

世界最強プロ棋士のひとりイ・セドルに4勝1敗

顔の認識に
必要な特徴を
自動的に学習



Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

予想される社会・産業への影響

FUJITSU

あらゆるところに『知性』が浸透していく

タスク	現在／短期（～2020）	中期（～2025）	長期（2025～）
自動運転／操縦	限定された環境 ＜効率性の追求＞	一般の環境 ＜安全性の確保＞	一般の環境 ＜自律的な多数による協調動作＞
ブルーカラー作業（工場）	プログラム化された作業を行う	人間に教え込まれた作業を行う	人間と協調して作業を行う
人間のコンパニオン	言葉による浅いレベルのコミュニケーション	言葉による深いレベルのコミュニケーション	言語によらないコミュニケーション
質問応答	状況に依存しない応答	複雑な状況に依存する応答	推論などの問題解決を必要とする応答
監視・制御	アルゴリズム・レベル	学習による対象拡大	自律的な監視・制御
ホワイトカラー作業（オフィス）	各々はそれほど難しくないタスクの反復	複合タスクの分割・プラニングなどの問題解決	人間との高度な協調
発見科学	シミュレーション結果 相関関係	因果関係のメカニズムの解明	発見プロセスの自動化と自律的な知識体系の構築
創作	簡単な新聞記事など ＜人間の記者の補完＞	ストーリーまで含めた創作	独創性のある創作 ＜人間との共創＞

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

富士通の考えるデジタル革新と人工知能の役割

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD.

Fujitsu Technology and Service Visionとは

- 富士通のビジョン、
  お客様への価値提案、
  それを実現する
  テクノロジーとサービス
- ビジネスや社会のリーダーに
  ICTがこれまでとは違う未来に
  どのように貢献するかに
  ついての知見を提供
- 富士通のすべての事業の基軸

Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

デジタル技術の波

- デジタル技術
  クラウド、モバイル、IoT
  アナリティクス、AI、
  ロボティクス、それらを
  支えるセキュリティなど
  相互につながった
  技術の集合体

第4の波
AIとロボティクス

第3の波
Internet of Things ／ 500億以上（2020年）

第2の波
Mobile Internet ／ 100億（2010年）

第1の波
Internet ／ 10億（2000年）ユーザー数/デバイス数

デジタル革新

- ビジネスや社会の中核的なプロセスにデジタル技術を取り入れることによって、非常に大きな革新がもたらされます

Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

デジタル革新に向けたお客様との取り組み

FUJITSU

■ 約300件のPoC/PoB※を実施中

PoC/PoB案件の上位8分野

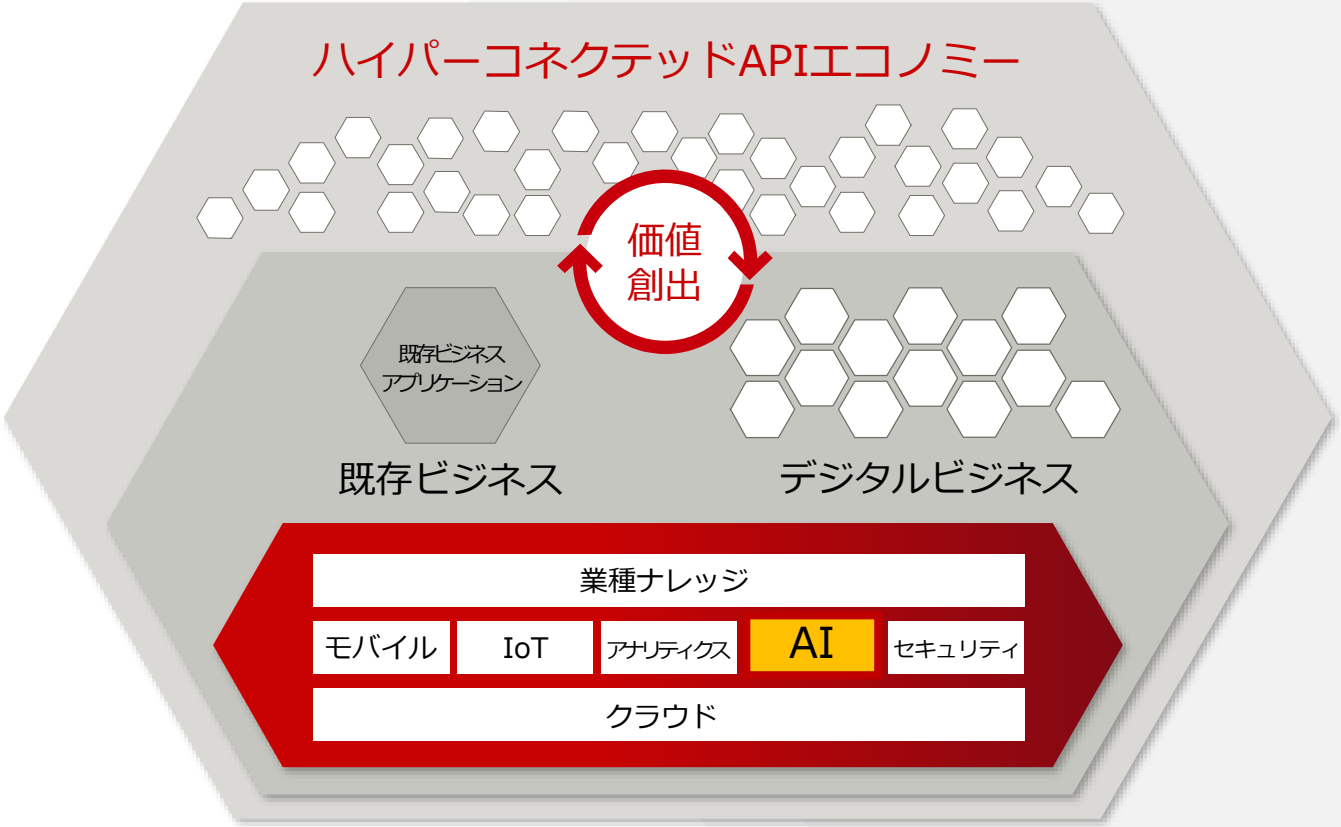
※ PoC ： Proof of Concept (新しい技術や概念の実証)
PoB ： Proof of Business (事業の実証)

Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

デジタルビジネス・プラットフォーム MetaArc

FUJITSU

■ デジタル技術をサービスとして提供、
APIで多様なサービスをつなぎ、デジタル革新を実現



Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

富士通が目指すAIの方向性

FUJITSU

人と協調する、人を中心としたAI

継続的に成長するAI

AIを商品・サービスに組み込んで提供

Human Centric AI

Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

富士通のAI技術のブランド

FUJITSU

Human Centric AI

ジンライ

Zinrai

- 語源

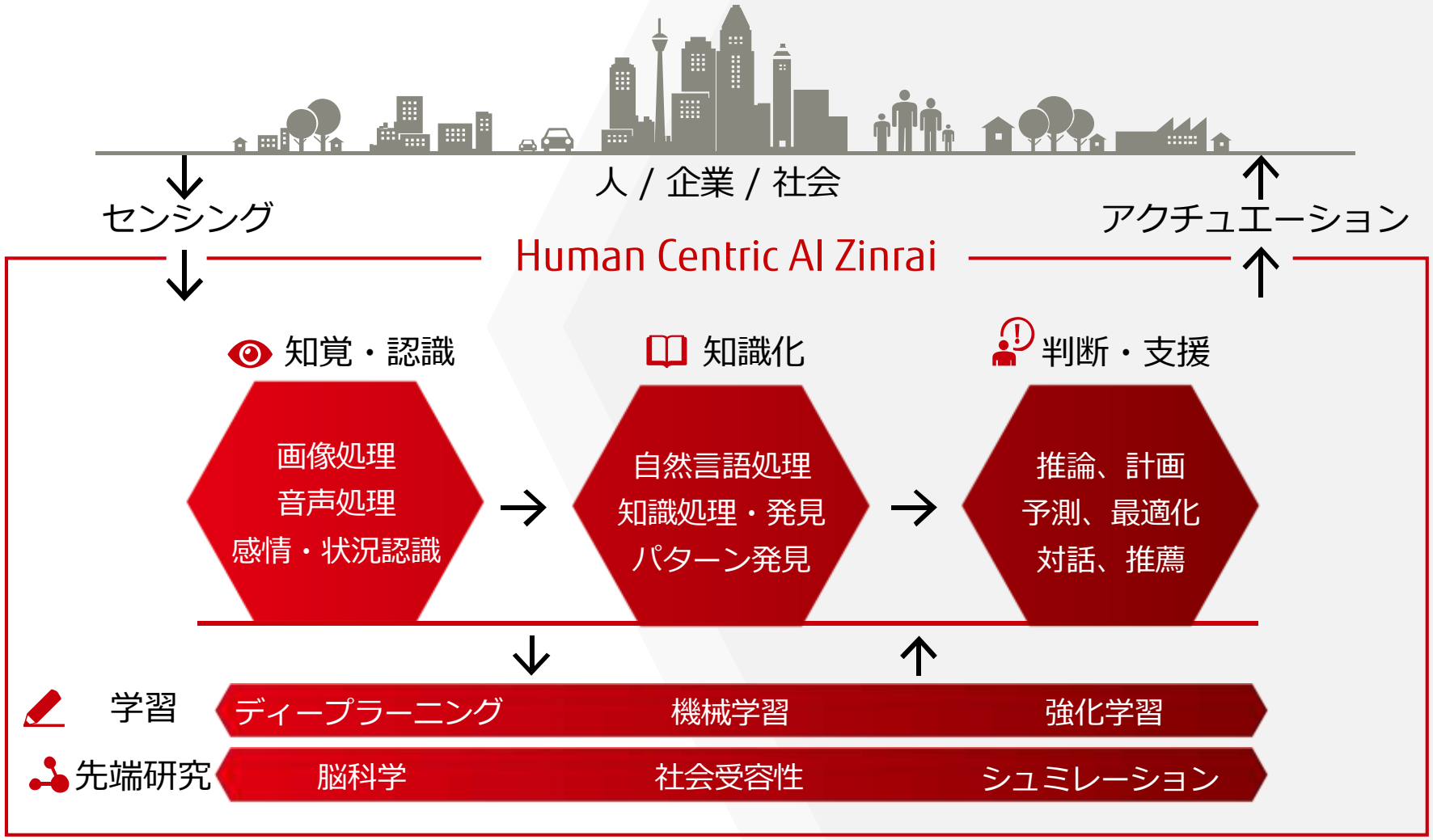
  疾風迅雷（すばやくはげしいこと。）

- 名前に込めた想い

  人の判断・行動を“スピーディ”にサポートすることで、
  企業・社会の変革を”ダイナミック”に実現させる。

Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

富士通が考えるAIのフレームワーク



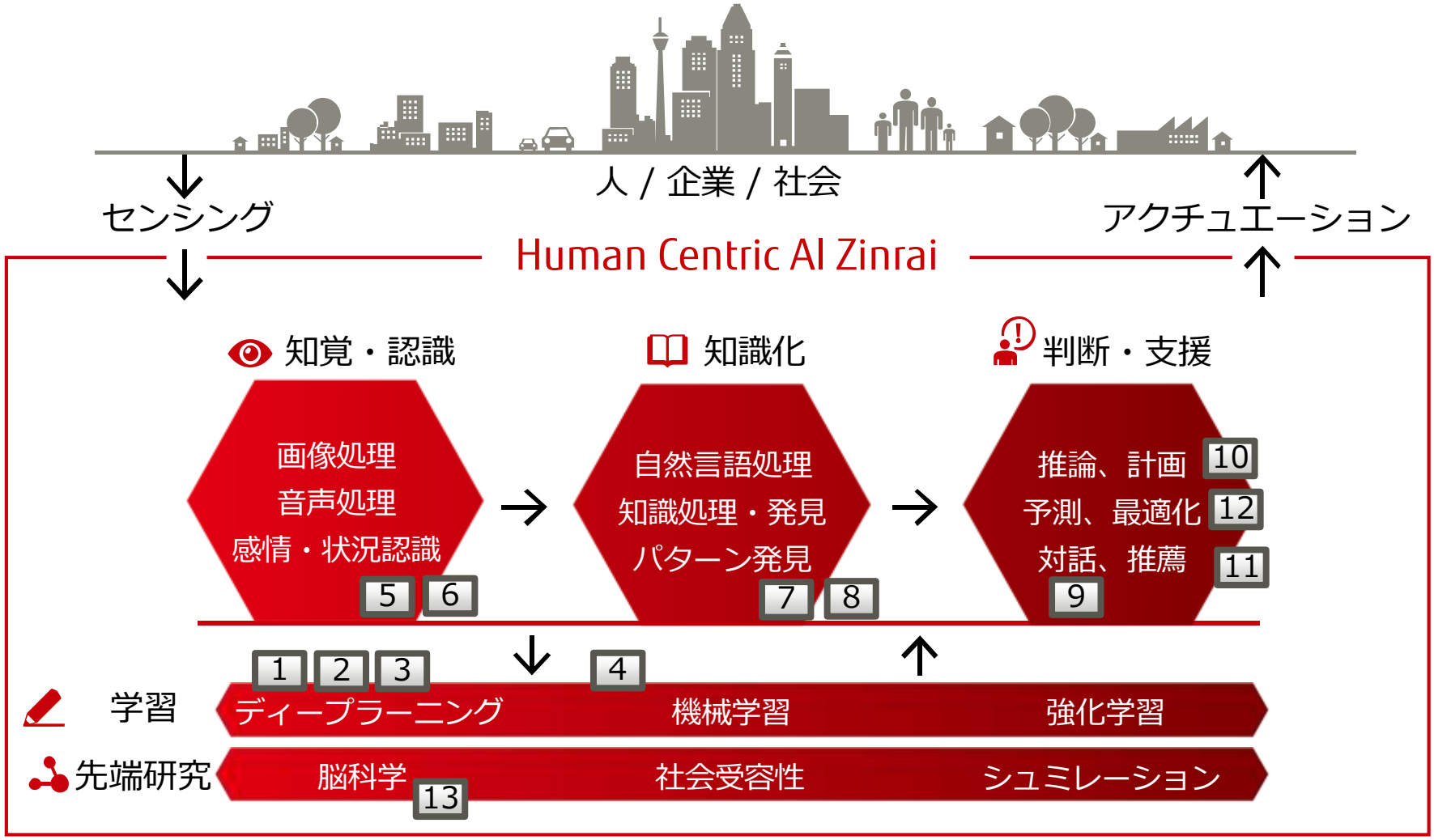
Copyright 2016 FUJITSU LIMITED

富士通研究所のAI関連技術と適用事例

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD.

富士通研究所のAI関連技術と適用事例

FUJITSU



Copyright 2016 FUJITSU Laboratries LTD.

プレス発表(16年2月)
富士通フォーラム2016展示

FUJITSU

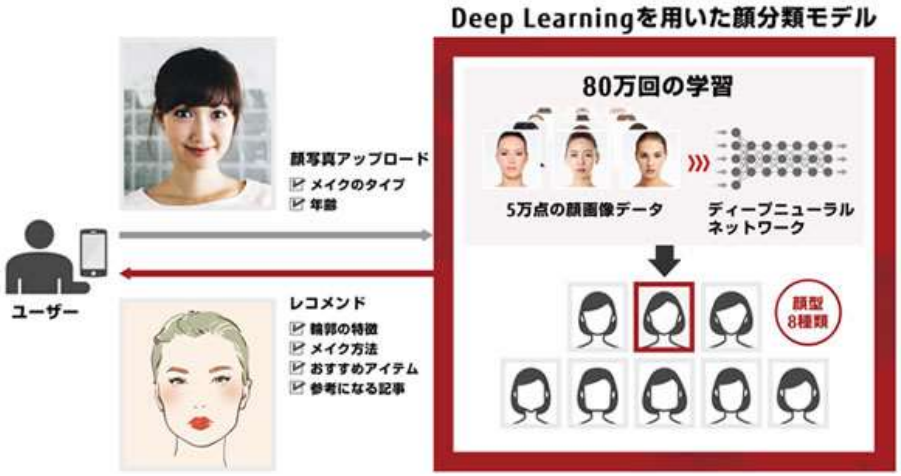
1 Deep Learning による顔画像認識

目的 DLのネットワーク構造を人手によらず自動で効率的に最適化

技術 富士通独自の進化計算と確率的勾配法による自動最適化

■ 国内最大級のコスメ情報サイト「Hapicana」で共同実証

- 5万点の顔画像データをディープラーニングで学習し 8種類の顔型を作成
- 顔の特徴にあったメイクのアドバイス、商品紹介など新たなサービスを開発



効果 人手で３カ月かかった最適化が、自動最適化で2日間で実現
顔分類精度も約8%向上

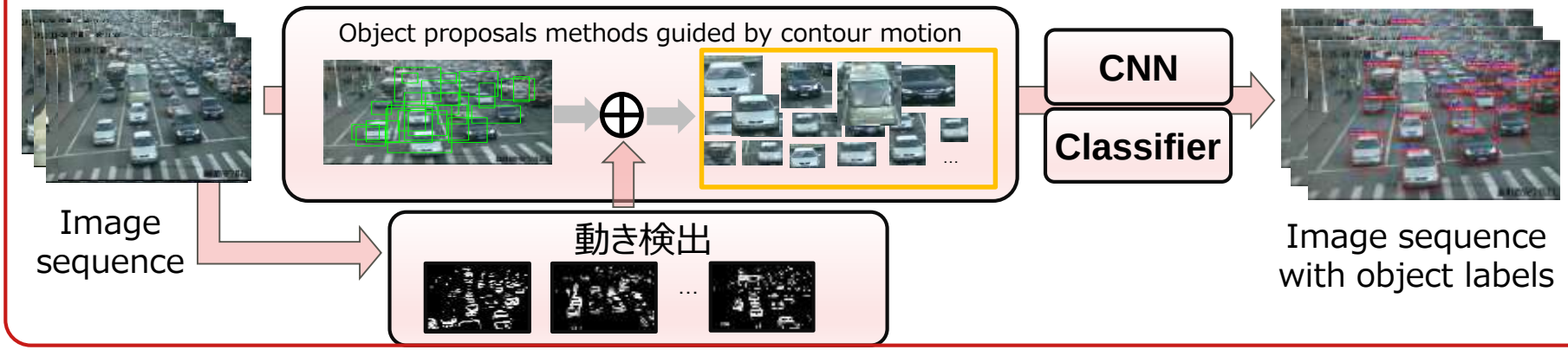
Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

2 Deep Learning による道路上の走行物体認識

- 【課題】従来手法では「動く物体」の検出に時間がかかる
- 【開発技術】動画像に「動き検出」を行い、これをガイドにすることで、「動く物体」を２倍以上高速に検出、また、認識精度も向上(1.04%)

従来方式: 物体のエッジや色情報などから候補を抽出しておき、CNNで検出

提案方式:並行して「動き検出」を行い、これをガイドとして、「動く物体」の検出スピードを向上

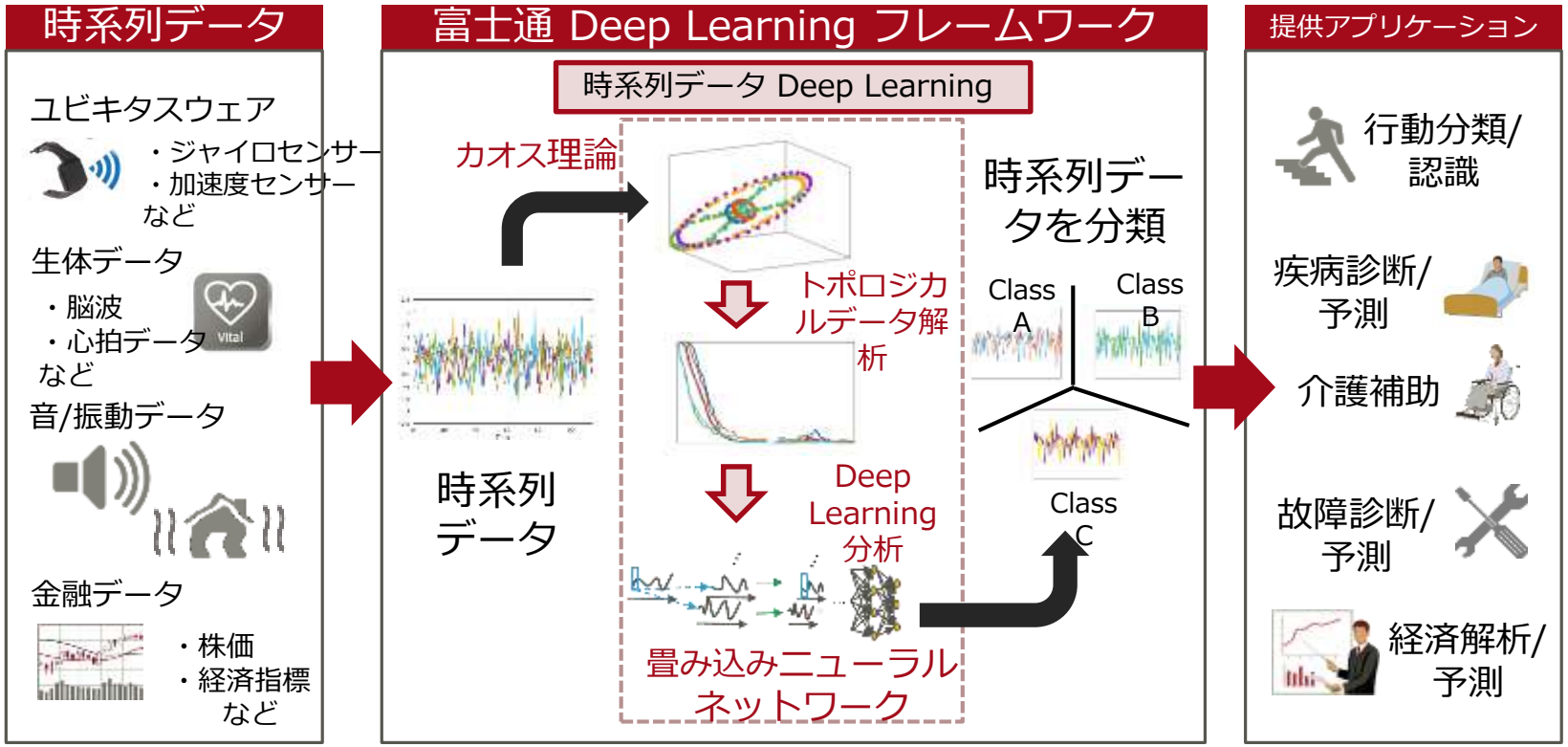


Copyright 2016 FUJITSU LABORATORIES LTD.

3 Deep Learning による時系列データ分類

目的
- Deep Learning 適用対象データ種の拡張
- IoT 時系列データの分類の高精度化

技術
富士通独自のトポロジカルデータ解析とDeepLearningを組合せ

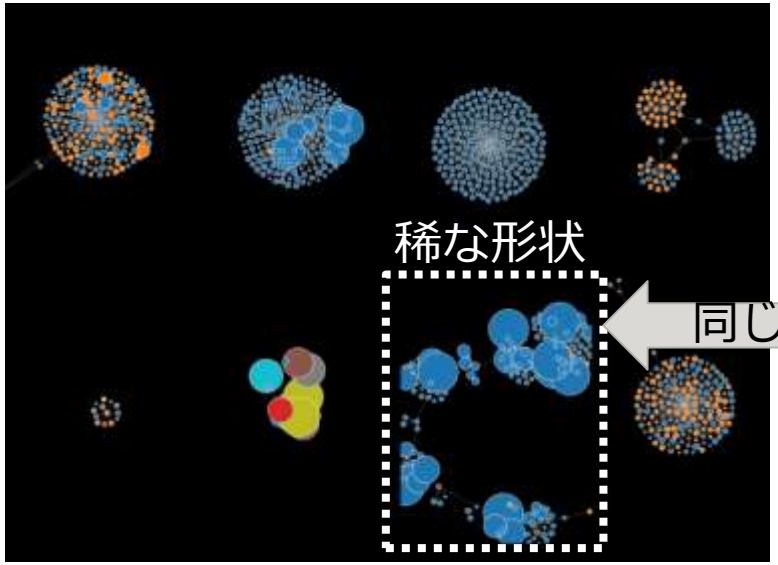


効果
ジャイロセンサからの行動推定や脳波データからの状態推定で、既存手法に比べ約20～25%精度向上（約85%達成）

4 サイバー攻撃検知

目的 富士通のクラウド基盤へのサイバー攻撃を、少ない手間で検知して防御

技術 テンソル分解を用いて、低頻度の攻撃も集団化して検知可能に



外れ構造を持つデータ集団の可視化結果

同じ攻撃

人手で3か月かけて抽出した新しい攻撃
(分散型SSH Login Brute Force)

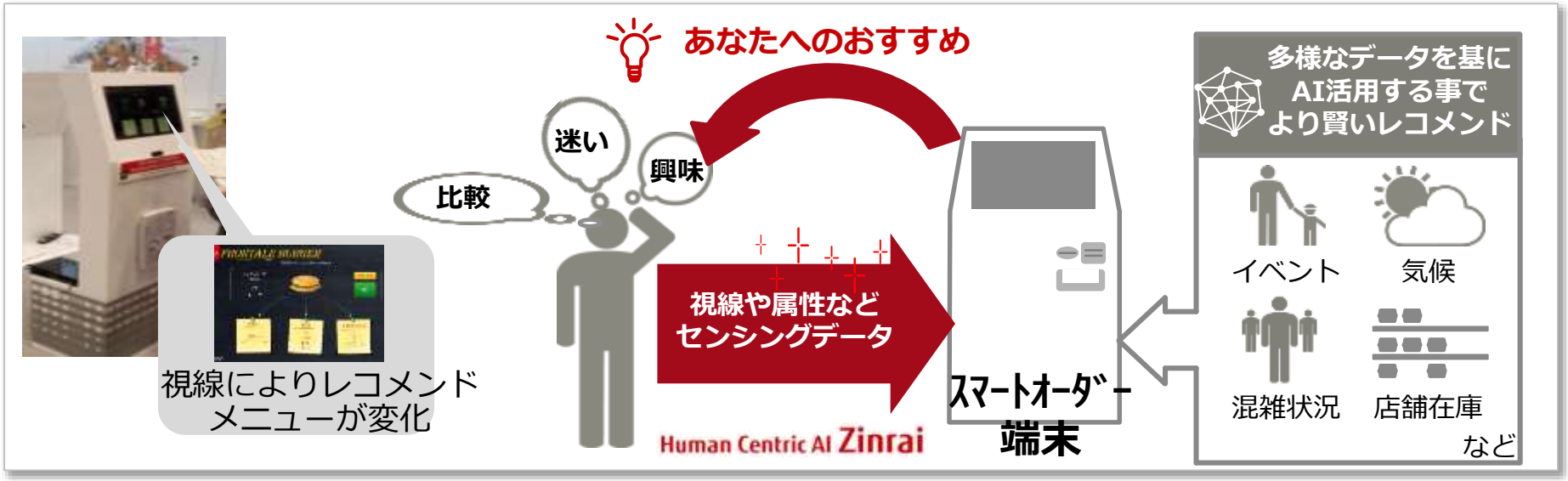
効果 人手で3か月かけて抽出した
新しい攻撃を、短時間での抽出

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

5 「ぴったり」をオススメするおもてなし端末

目的 店舗セルフ端末における顧客体験の向上と接客の自動化

技術 視線・属性等のセンシングデータと、券売機の利用実績データを組み合わせて解析
消費者の'今'の興味に応じたヒューマンセントリックなレコメンドを実現

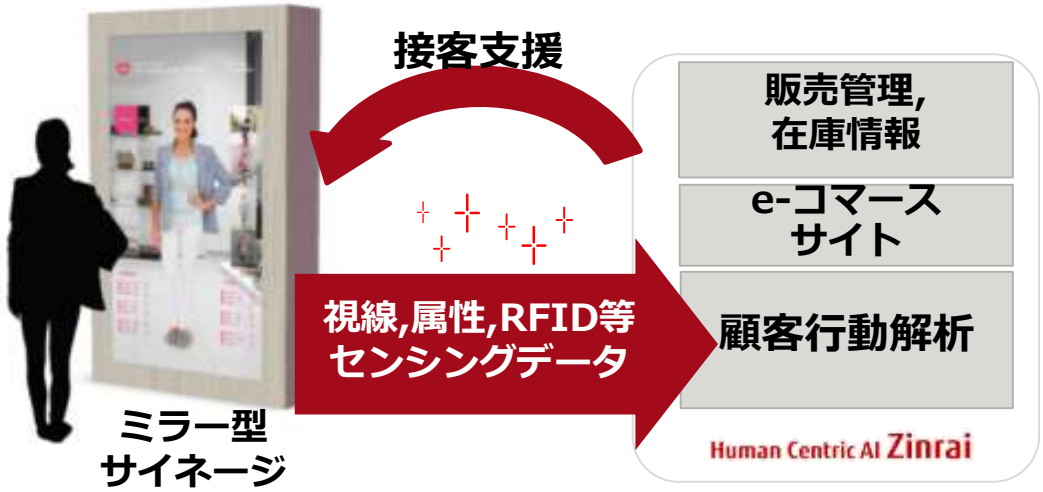


効果 '個'客の今の興味に応じた、きめ細やかで効果的なサービスを実現

6 あなたの「欲しい」を鏡に映す

目的 接客支援の向上と効率化、販売機会の増大

技術 視線、属性、RFID等のデータ連携により、商品に対する嗜好・興味を推定し活用



効果 店舗における接客支援と顧客体験の向上
効果的なe-コマース連携による販売機会の増大

プレス発表(14年12月)

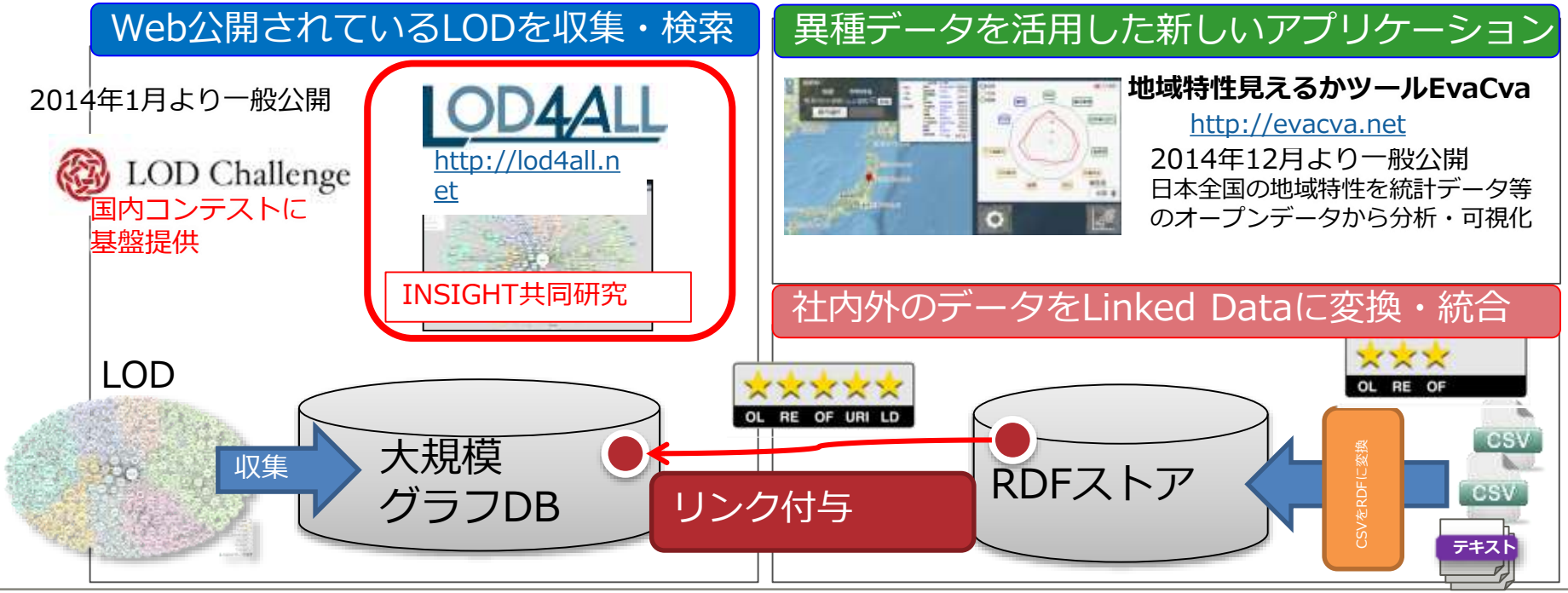
FUJITSU

LOD(Linked Open Data):異種データの統合・知識化

- **LOD向け大規模データ格納・検索技術**
  - **INSIGHTとの共同研究により、世界中のLODを収集・一括検索するサービスLOD4ALLを公開（2014年1月～）**

※INSIGHT: アイルランドの国立研究機関

- **非Linked Dataからオープンデータへのリンク自動的付与技術**
- **異種データを統合・活用した新しいアプリケーション（EvaCva等）**



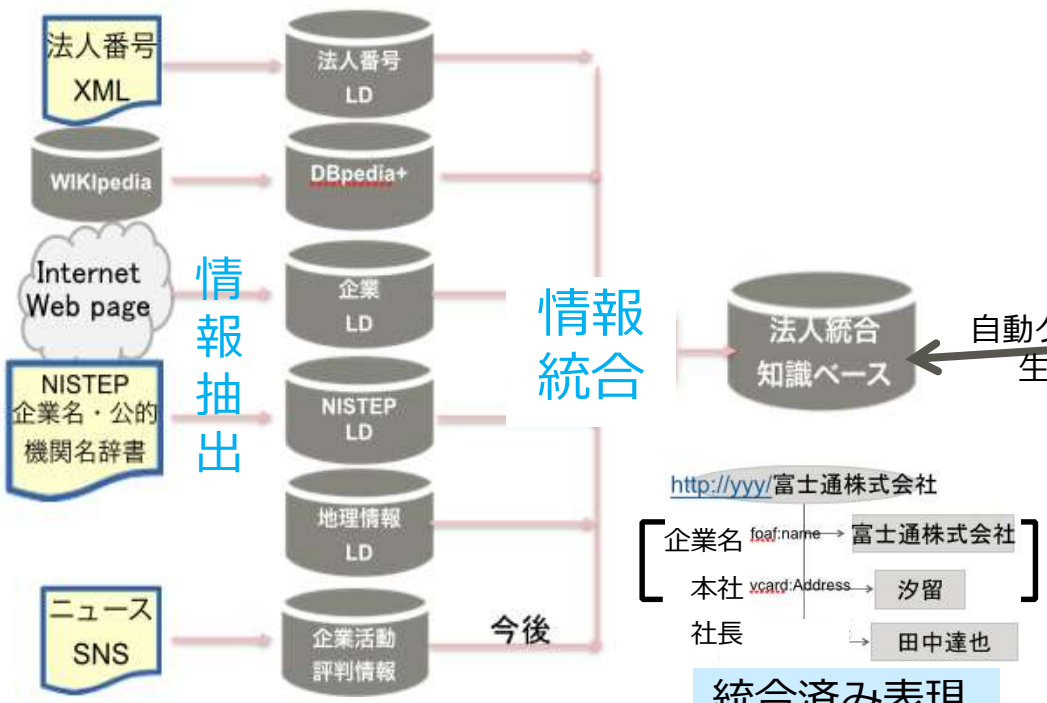
Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

FUJITSU

7 法人統合知識ベース

目的 法人情報440万件と、Web上の公開情報とを組合せて知識ベースを構築し、企業分析やマーケティング等で活用

技術
- 複数の異なるデータベース中に存在する「法人」の同一性を判定
- 利用者が知りたい項目や形式に合わせて不足情報を補完する、自動クエリ生成とオントロジマッチング技術



不足情報

企業名	本社	創立	社長
富士通		1923	
IBM	アーモンク	1911	
NEC	港区	1899	

知りたい情報

補完

企業名	本社	創立	社長
富士通	汐留	1923	田中達也
IBM	アーモンク	1911	ロメッティ
NEC	港区	1899	遠藤信博

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

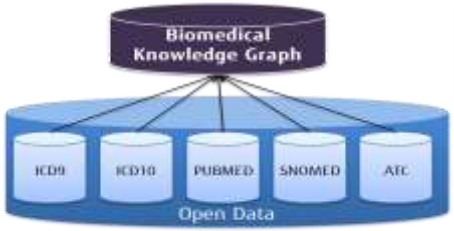
FUJITSU

8 スペイン・サンカルロス病院との共同研究（診療時の意思決定サポート）

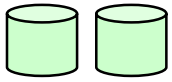
目的 精神疾患に対する新しい対策・治療法の確立

技術
- 治療データとバイオメディカルデータを組み合わせた「知識発見技術」
- 患者のプライバシーを保護する「不可逆な匿名化技術」

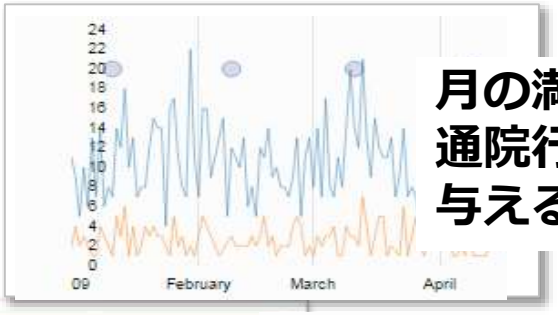
治療データ



バイオメディカルデータ



外部データ
（天候など）



月の満ち欠けが通院行動へ与える影響

ある患者の症状・リスク予測

プロファイルとの関係性を分析

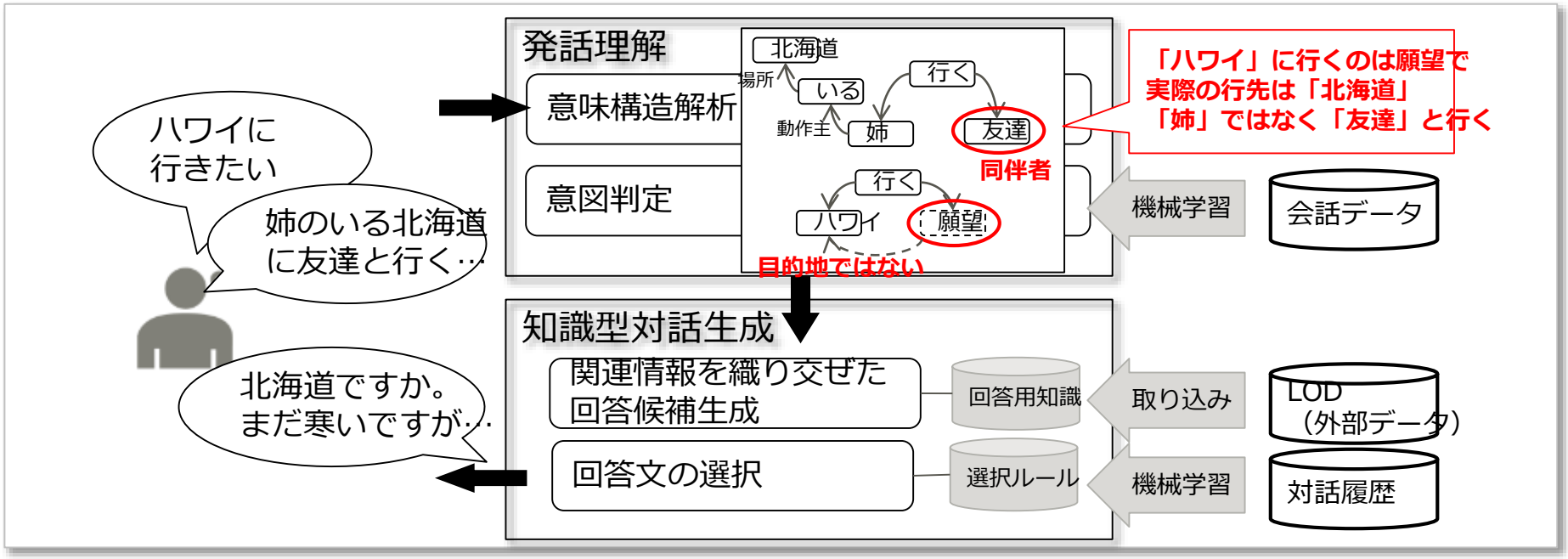
効果 治療データから予想される患者の症状やリスクを提示。治療計画立てを支援

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

9 対話型質問応答

目的 顧客との自然な対話により業務に必要な情報を引き出す

技術
- 単語間の意味的な関係を解析し正確に必要な情報を抽出
- 外部知識(LOD)による内容確認や情報提供を行い自然な会話を実現



効果
- 顧客対応業務での技術検証を行い高い評価
  例. 海外旅行保険の営業端末向け試行（東京海上日動火災 様）
- 2016年度中にソリューション提供予定（接客、販売等）

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD.

プレス発表(15年11月)
富士通フォーラム2016展示

FUJITSU

10 「ロボットは東大に入れるか」プロジェクト

目的 東大に合格（数学）

技術 高度な数学の設問の意味を理解し解答する、当社独自の数式処理を用いた「QE※推論技術」

※QE:Quantifier Elimination

入力 試験問題

a を正の定数とする。実数 x, y が

$$\frac{1}{2} \leqq x \leqq 1,\quad a \leqq y \leqq 2a$$

を満たすとき，

$$F = \frac{y}{x} + \frac{x}{y} - xy$$

の最小値を求めよ。

東ロボ
QE推論技術

自動求解

出力 解答

求める実数を

$$x_{gen12}$$

と置くと、問いの条件は次の一階論理式と同値になる：

$$(0 < a \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a \wedge \exists y_{02}(\exists y_{01}(a \leq y_{01} \wedge y_{01} \leq 2a \wedge y_{01}(-x_{01}) + \frac{x_{01}}{y_{01}} + \frac{y_{01}}{x_{01}} = x_{gen12} \wedge \frac{1}{2} \leq x_{01} \wedge x_{01} \leq 1) \wedge 0 < a \wedge (\forall y_{01}(\forall x_{01}(\frac{1}{2} > x_{01} \vee x_{01} > 1 \vee x_{gen12} \leq y_{01}(-x_{01}) + \frac{x_{01}}{y_{01}} + \frac{y_{01}}{x_{01}}) \vee a > y_{01} \vee y_{01} > 2a) \vee 0 \geq a))$$

この式は実閉体の体系 RCF の式であることから，Tarski-Seidenberg の定理により，この式と同値で量化子を含まないような式を求めることができる。Tarski の量化子除去アルゴリズムに従って上記の式を書き換えた結果が以下の式である（変形の過程が長いため，計算結果で別途提出する。）：

$$((0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge \frac{12a^2+1}{8a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{2}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{2}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge \sqrt{4-16a^2} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{2}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{2}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{2}) \vee (a > \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{12a^2+1}{8a})) \wedge 0 < a \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a \wedge 0 < a \wedge (a < 0 \vee (0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge x_{gen12} \leq \frac{12a^2+1}{8a}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{2}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge x_{gen12} \leq \sqrt{4-16a^2}) \vee (a > \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{2a}) \vee 0 \geq a))$$

これを解き，答は

$$\begin{array}{lll} (0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a) & \text{のとき} & x_{gen12} = \frac{12a^2+1}{8a} \\ (\frac{1}{2\sqrt{2}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a) & \text{のとき} & x_{gen12} = 2\sqrt{1-4a^2} \\ (a > \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a) & \text{のとき} & x_{gen12} = \frac{1}{2a} \end{array}$$

となる。

国立情報学研究所の
「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトの
数学チームに参画

効果
- 東大入試プレで偏差値約65を獲得（2015年11月） **15P up!**
- 質問応答システム、自動採点などに展開

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

プレス発表(16年8月)

FUJITSU

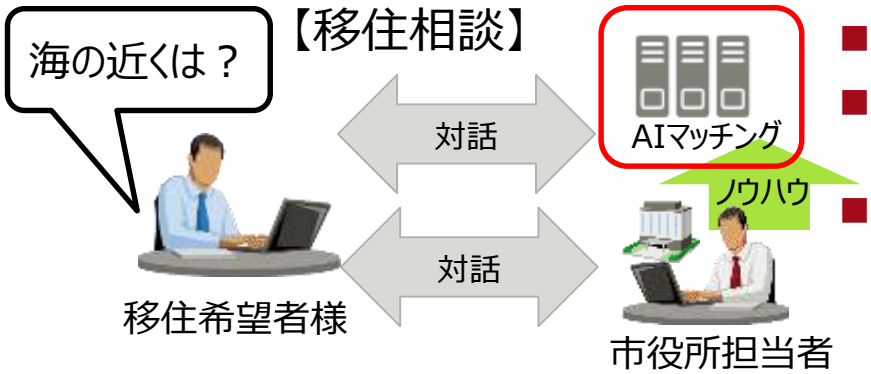
11 九州大学との共同研究（社会受容性のためのAI数理技術）

※九州大学と共同で富士通ソーシャル数理共同研究部門を設立

目的 公平で受け入れられやすい社会受容性を考慮したAI数理技術の確立

技術 人の行動・心理を配慮した最適な意思決定や施策の設計を実現する問題解決型のAI数理技術

- 福岡県**糸島市**・**九州大学**と共同で、**移住希望者へのマッチング**で実証実験
  - 糸島市：生活密着情報の提供、移住者の不安解消や満足度向上、地域活動の活発化
  - 九州大学と富士通研究所： **人間の好みといった心理**の数理モデルとAI技術を融合



- 属性と好みの関係性を数理モデル化
- 短時間で好みを探す学習メカニズム（特許出願）
- 人のノウハウを徐々に埋め込み、不信感を減らす

さまざまな適用可能性:
ジョブマッチング、医療マッチング、不動産マッチング　etc.

効果 適切・円滑なマッチング、さらに、AIに起因する不信感も減らす

他にも、福岡空港の混雑緩和向けに、顧客満足度(CS)向上の実証実験を開始

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

プレス発表(16年5月)

FUJITSU

12 セキュリティゲーム

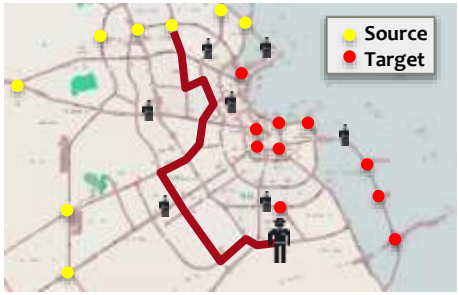
目的 安心・安全な社会を実現するAI数理技術の確立

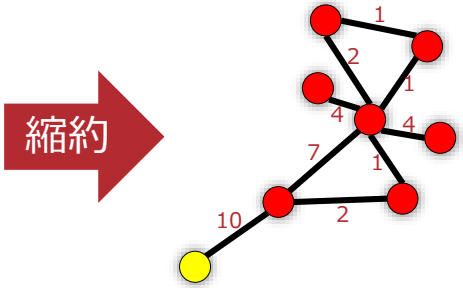
技術 対立する意思決定者である犯罪者の行動・心理を考慮した上で限られた警備資源を効果的に配置するAI数理技術

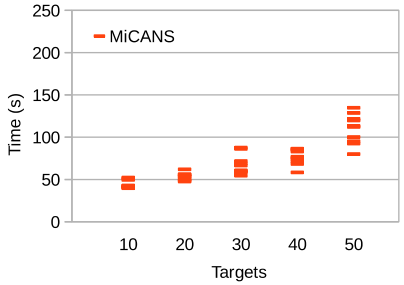
■ 大規模な「都市道路ネットワーク警備問題」を高速に解く技術を開発

※国際会議AAMAS2016 (International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems 2016) で発表

- 目的地に向かう犯罪者や逃走しようとする犯罪者を検問所などで捕捉することを目的とした、ゲーム理論（セキュリティゲーム）の難題
- ネットワーク縮約の技術により、計算量の大幅な削減に成功
- 高速・高精度なアルゴリズムにより、従来は1日で計算できなかった10万ノード規模の都市道路ネットワークに対する警備計画を数分で導出







効果 警備計画の策定と改善を支援

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD

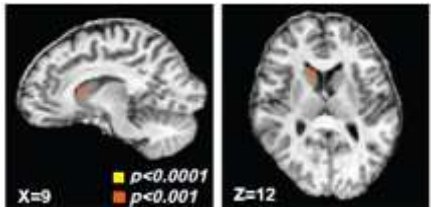
FUJITSU

13 理研BSI（脳科学総合研究センター）との共同研究

- １期目　2007～2011年度：人間の脳機能　「将棋プロジェクト」
  - 将棋棋士(ﾌﾟﾛ･ｱﾏ)が「次の一手」を瞬時に判断する際の「直観」の機構を研究

⇒ 領域・起動順、プロ/アマの相違など未知の発見(理研)

非侵襲計測のデータ特徴を確認（富士通）

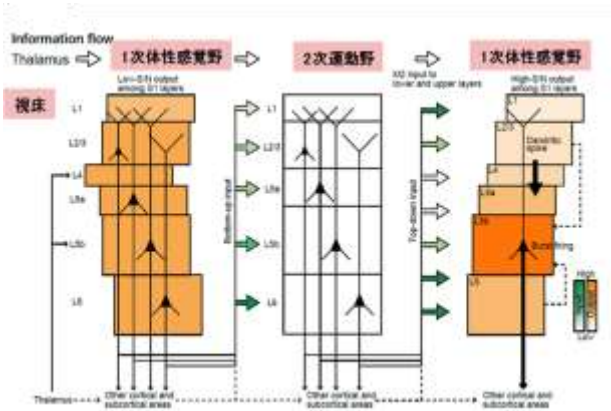


Neural Basis of Intuitive Best Next-Move Generation in Board Game
Wan, 他　Science, 2011年1月21日

- ２期目　2011～2014年度：実験動物の脳機能
  - エピソード記憶や一次触覚野・運動野の連携など神経回路レベルの機能を研究

⇒ 刺激や報酬に対する未知の神経活動を発見(理研)

多細胞、長期間のイメージング解析、マイニング法を開発(富士通)



A Top-Down Cortical Circuit for Accurate Sensory Perception,
真仁田、他　Neuron, 2015年6月3日

- ３期目　2015年度～
  - 多量のデータが得られる研究テーマを選び、神経活動の特徴を機械学習で抽出・模倣させることで、計算機での神経機能の実現を目指す

Copyright 2016 FUJITSU Laboratories LTD.

終わりに

FUJITSU

- 人工知能は、2012年のDeepLearningから大きく進化
  - 最近は、画像認識やゲーム以外に、実応用も急速に増加中
  - 広範囲な産業に浸透していくだろう
- 富士通は、2015年にAI技術体系 Zinrai を発表
  - これまで蓄積したAI関連技術を体系化
    - 知覚・認識 ／ 知識化 ／ 判断・支援 ＋ 学習技術(DeepLeaningも)
  - デジタル革新に向けたお客様との取組みを推進（各種PoCに適用）
  - 発表後、さまざまな業種・場面で AIへの期待が高まっている
- 富士通研究所は多様なAI技術を開発し、実際の事例に適用
  - Deep Learningで時系列を扱う技術
  - スムースな対話やランキング付きの知識検索、
  - 数理技術を使った最適化やマッチング
  - 脳科学、　など

Copyright 2016 FUJITSU LABORATORIES LTD.

FUJITSU

shaping tomorrow with you